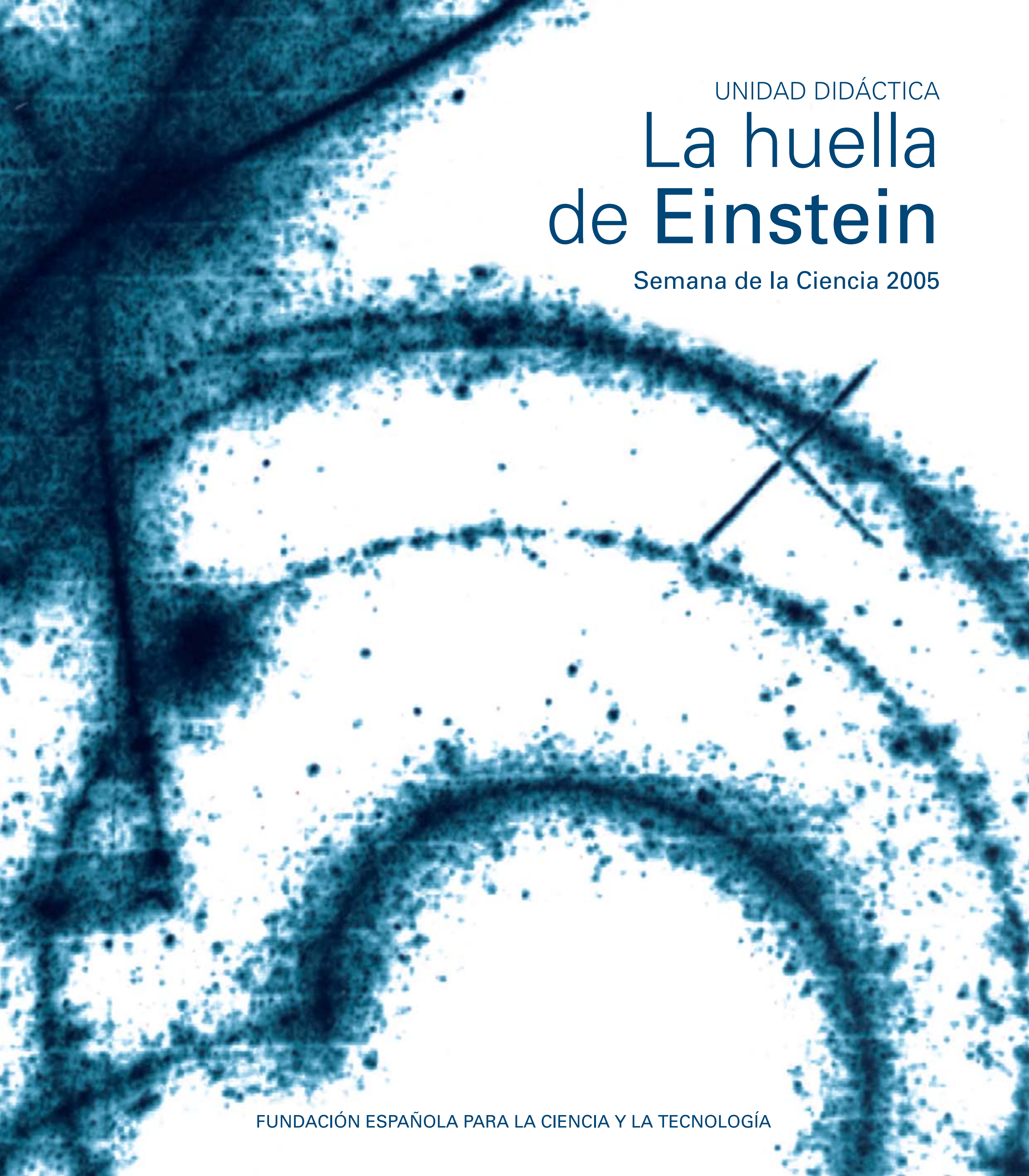


UNIDAD DIDÁCTICA

La huella de Einstein

Semana de la Ciencia 2005

FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

UNIDAD DIDÁCTICA

La huella de **Einstein**

Semana de la Ciencia 2005







Edita y coordina
Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT)

Coordinación de contenidos
Ramón Núñez

Redacción de textos
Ramón Núñez
Miguel Barral
Marcos Pérez
Francisco Doménech
Juan Carlos Medal

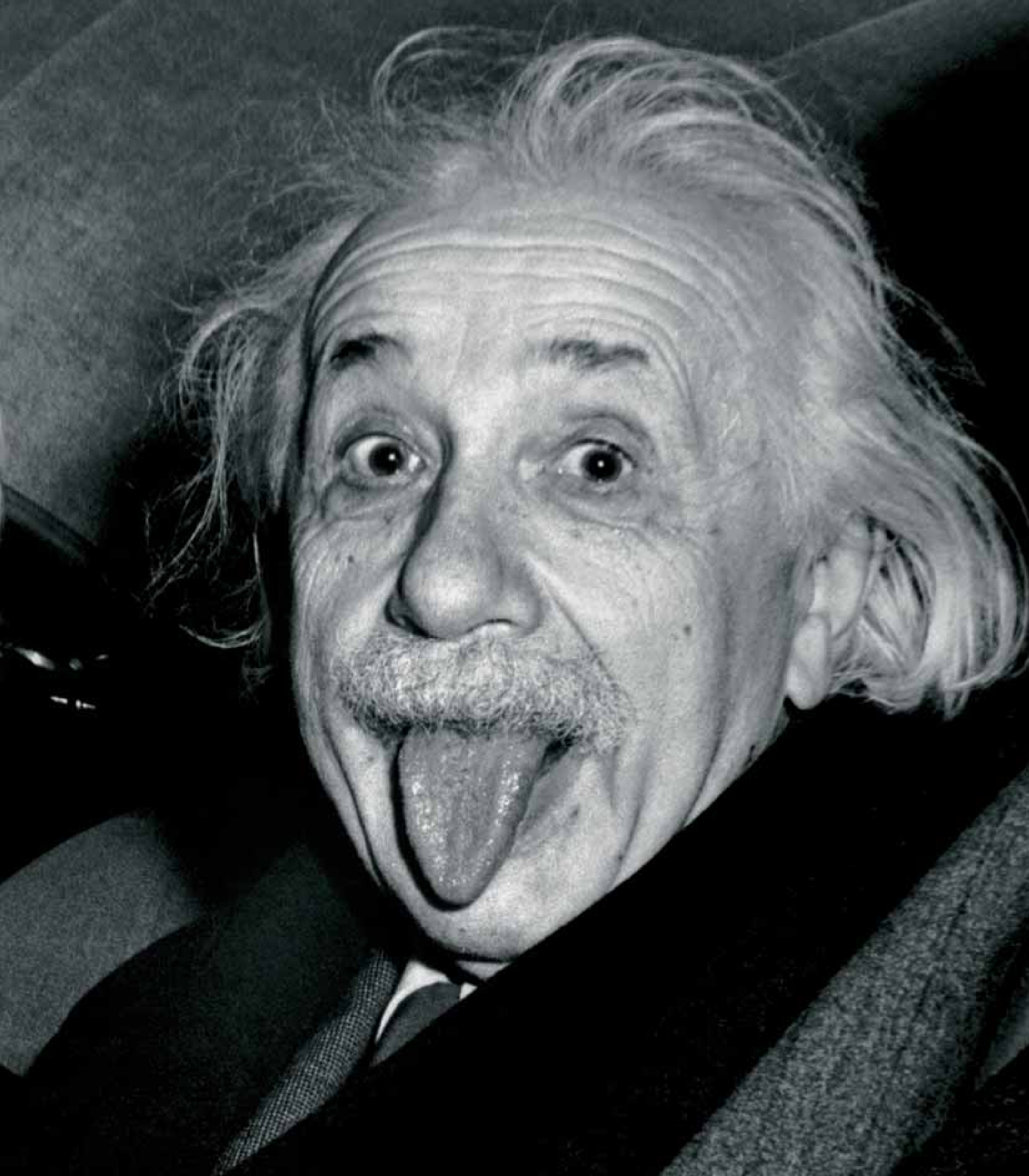
Ilustraciones Originales (págs. 16, 18, 19, 21, 22 y 26): Pedro Montero
Foto de Portada: ©CERN
Diseño, maquetación e impresión: Gráficas Millán

Depósito Legal: M-41007-2005

ISBN: 84-689-4110-7

AGRADECIMIENTOS:

Por su colaboración en la cesión de imágenes para la elaboración de esta Unidad Didáctica:
Foto Portada. CERN, Ginebra.
Foto página 24. Museo de la Ciencia y el Cosmos del Organismo Autónomo de Museos y Centros del Cabildo de Tenerife, Inés Rodríguez y Gotzón Cañada.
Fotos páginas 43, 48, 56, 70, 152, 182 y 192, cortesía de los Archivos del Instituto Tecnológico de California.
Foto página 45, IBM Investigación, Almaden Centro de Investigación.
Imágenes páginas 61 y 62, Time magazine.



I. INTRODUCCIÓN

La celebración del Año Internacional de la Física y el Centenario del annus mirabilis de Albert Einstein nos da sano pretexto para pensar otra vez en la obra del científico más famoso de todos los tiempos.

En este texto hemos tratado de presentar la huella de Einstein. Una huella que, por supuesto, alcanza su mayor trascendencia conceptual en el campo de la física teórica, al significar la modificación de ideas tan importantes como las de tiempo, espacio, longitud, masa, o energía. La magnitud de este impacto puede también valorarse en función de los descubrimientos o inventos que en el último siglo han sido posibles gracias a las nuevas ideas o como consecuencia de ellas. Todas esas cosas se mencionan en este trabajo. Pero al ser conscientes de que el destino del libro se centra en el ámbito educativo, hemos querido desarrollar en mayor medida aquellas facetas de la vida de Einstein que nos puedan ayudar más a vivir la ciencia, a ser más científicos, o sea más humanos.

Porque Einstein no sólo nos enseñó sobre efectos y naturaleza de la relatividad, o sobre equivalencia de masa y energía. En obras y palabras dio testimonios notables de curiosidad ("Lo importante es no cesar de hacerse preguntas"), de creatividad ("La imaginación es más importante que el conocimiento"), de sentido crítico ("Educación es lo que queda cuando se olvida lo aprendido en la escuela"), de rebeldía e inconformismo ("Dos cosas son infinitas: el universo y la estupidez humana; y yo no estoy seguro sobre el universo"), de constancia ("Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica: la voluntad"), o de cariño a la humanidad ("Vivimos en el mundo cuando amamos. Sólo una vida vivida para los demás merece la pena ser vivida").

Todas esas cosas –y algunas más– hacen falta para que exista la ciencia, para aprender a ser científicos. El repaso a la vida de Einstein que aquí se ofrece permite múltiples oportunidades para sentirse en su piel, verlo próximo, conocer sus ideas, satisfacerse con sus ocurrencias, repensar sus pensamientos y también para salirse por los cerros de Úbeda y abandonar sus huellas. Mi deseo, otra vez, es que el camino sea largo.

Ramón Núñez Centella
Director de Museos Científicos Coruñeses



II. EL CONTEXTO HISTÓRICO

1905, un año para recordar

El mismo año en que Albert Einstein escribía los cinco artículos con los que revolucionó la historia de la ciencia, en Rusia tenía lugar el motín del acorazado *Potemkin* que años después Sergei Einsenstein inmortalizaría para el cine. Aunque la primera Revolución Rusa se saldó con la introducción de algunas reformas democráticas, el mapa de Europa no se libraría de los cambios. Así, Noruega se independizó de Suecia después de que ambas partes decidieran la disolución pacífica de su unión. Mientras, en Irlanda comenzaba un proceso mucho más traumático con el nacimiento del Sinn Fein, un partido que defendía la independencia de Gran Bretaña y que luego se convertiría en el brazo político del grupo terrorista IRA.

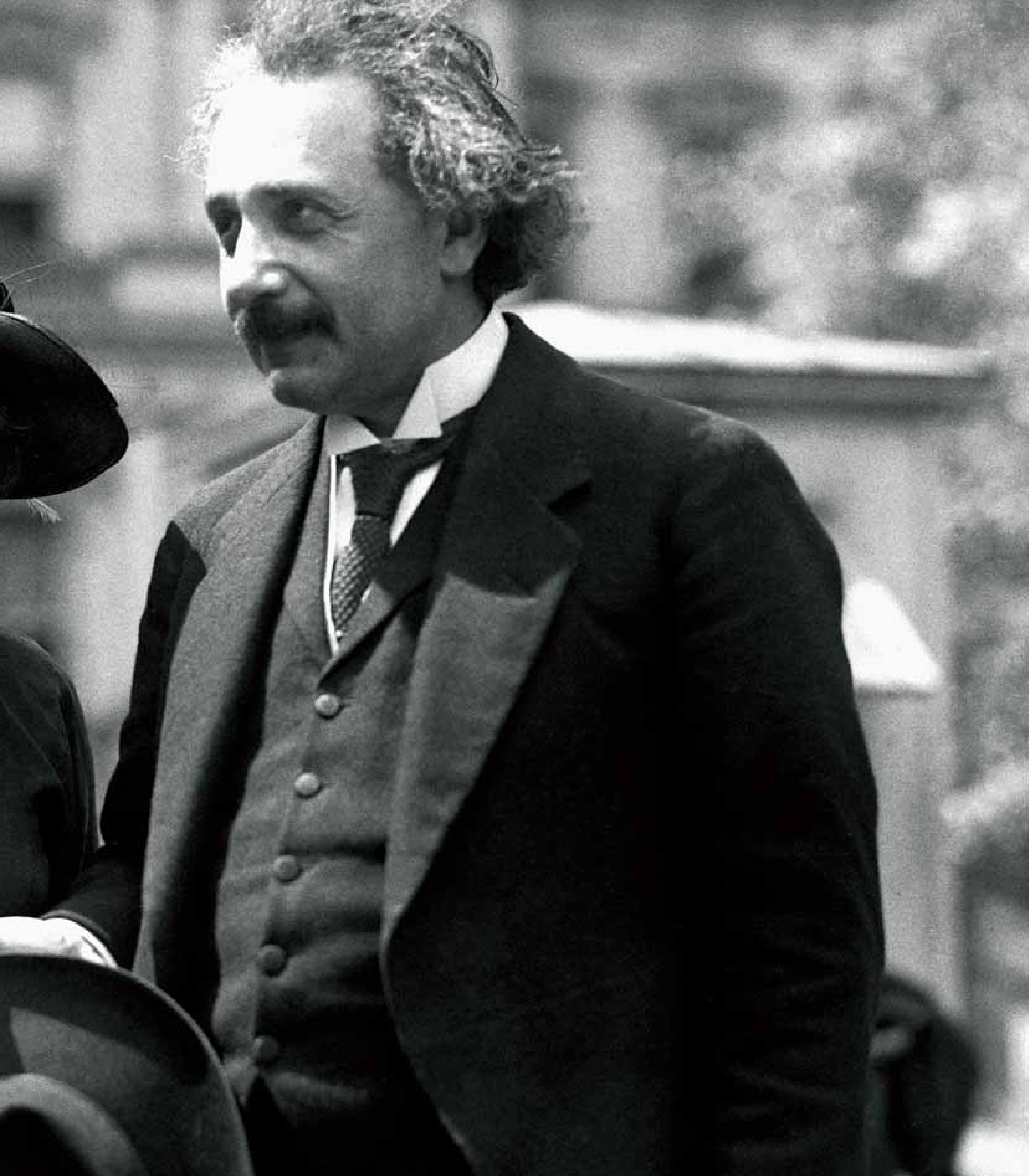
Aparte de las contribuciones de Einstein a la ciencia, Richard Willstätter descubrió la estructura de la clorofila, Percival Lowell predijo la existencia de Plutón (que no se detectó hasta 1930) y Ernest Starling acuñó el término “hormona”. En 1905, año en que se inventó el celofán y Alemania botó el primero de los submarinos *U-boat,* el Nobel de Medicina fue para Robert Koch, que dos décadas antes había descubierto el bacilo de la tuberculosis. Otras novedades fueron el extintor de incendios y la crema Vicks VapoRub, presentada entonces como un ungüento de propiedades mágicas. También aquel año, Sigmund Freud realizó notables avances en su teoría de la sexualidad.

En aquel tiempo París era el centro artístico del mundo. Allí el compositor Claude Debussy estrenó su obra maestra *La mer,* que tuvo una acogida discreta. Eran los años de la *Belle Epoque;* las comedias musicales llenaban los teatros y los compases del *ragtime* arrasaban en toda Europa. Pero por encima de todo estaba de moda lo oriental, y la sensación del año fue el debut parisino de Mata Hari, la bailarina exótica que sería ejecutada durante la Primera Guerra Mundial por sus actividades de espionaje para los alemanes. También en París se celebró la exposición seminal del *fauvismo,* vanguardia pictórica liderada por Henri Matisse y André Derain. Mientras tanto, Picasso daba otra vuelta de tuerca a su carrera e iniciaba su "período rosa".

En España se había iniciado una ligera apertura política ante el temor a una revolución obrera. Reinaba Alfonso XIII, que ese año llegó a nombrar a tres jefes de Gobierno. La crisis política, y de identidad, se había instalado en España desde la pérdida de Cuba, Filipinas y Puerto Rico en 1898. En medio de ese panorama, el poeta modernista Rubén Darío publicaba sus *Cantos de vida y esperanza,* mientras que Ramón y Cajal comenzaba a estudiar la regeneración del sistema nervioso, justo un año antes de recibir el Nobel por sus anteriores trabajos.

El otro científico español premiado con un Nobel, Severo Ochoa, nació precisamente en 1905. También vinieron al mundo la actriz Greta Garbo, el actor Henry Fonda, el aviador y magnate del cine Howard Hughes y el filósofo Jean-Paul Sartre. Y el mismo mes de marzo en que Einstein envió el primero de sus revolucionarios artículos científicos, moría otro de los grandes soñadores, el escritor Julio Verne.

III. LOS TRABAJOS CIENTÍFICOS DE EINSTEIN



III. LOS TRABAJOS CIENTÍFICOS DE EINSTEIN

1. El *annus mirabilis*

A lo largo de 1905 Einstein escribió una serie de artículos que habrían de dejar su huella indeleble en la física del siglo XX, y que aún hoy siguen entre los más citados de la historia de la ciencia. En ellos planteaba la Teoría de la Relatividad Especial y explicaba dos fenómenos, el efecto fotoeléctrico y el movimiento browniano, cuya comprensión había desafiado a los científicos durante años. El conjunto de estos trabajos resultaría asombroso en el currículum de un investigador maduro, pero en el de un jovenzuelo de 26 años que dedicaba a la ciencia los ratos libres que dejaba un empleo aburrido, sólo puede calificarse de milagroso. Eso sí, humanamente milagroso.

2. La relatividad de Einstein explicada con una sola ecuación

"Bajó del tablado y ordenó que se apoyasen en mis costados varias escaleras; más de un centenar de habitantes subieron por ellas y caminaron hacia mi boca cargados con cestas llenas de carne, que habían sido dispuestas y enviadas allí por orden del rey a la primera seña que hice. Observé que era la carne de varios animales, pero no pude distinguirlos por el gusto. Había brazuelos, piernas y lomos formados como los de carnero y muy bien sazonados, pero más pequeños que alas de calandria. Yo me comía dos o tres de cada bocado y me tomé de una vez tres panecillos aproximadamente del tamaño de balas de fusil. Me abastecían como podían buenamente, dando mil muestra de asombro y maravilla por mi corpulencia y mi apetito."

Jonathan Swift. Los Viajes de Gulliver. (1726)

Tras sufrir un naufragio Gulliver alcanza una isla desierta y se queda dormido sobre la hierba. Horas más tarde, cuando despierta, se encuentra atado al suelo y rodeado por una multitud de seres diminutos que curiosean sobre su cuerpo. Gulliver supone que la suerte le ha conducido hasta un país de hombres minúsculos, en el que por comparación él mismo parece un gigante. Pero ¿y si fuera al revés? ¿Acaso no podría haber ocurrido que sus captores fueran de talla normal y algún misterioso

hechizo le hubiese transformado a él en un gigante? Al fin y al cabo, si algún bromista nos encierra en un cuarto donde todo tiene la mitad de su tamaño normal, desde los muebles y las plantas a los centímetros de la cinta métrica, nos resultaría imposible demostrar que no somos nosotros los que hemos crecido. La idea de relatividad es en esencia muy sencilla, y surge de la imposibilidad de encontrar una referencia absoluta sobre la que medir el tamaño de las cosas o la velocidad a la que se mueven.

2.1. La relatividad de Galileo

Un siglo antes de que Swift escribiese las aventuras de Gulliver, Galileo Galilei publicó las primeras ideas sobre la relatividad del movimiento, afirmando que resulta imposible distinguir si estamos en reposo o si nos movemos con velocidad uniforme. A Galileo le interesaba demostrar que aunque la intuición nos sugiere que la Tierra permanece inmóvil, tal y como establecía el modelo geocéntrico de Ptolomeo, nuestra percepción sería la misma si la Tierra orbitase alrededor del Sol, tal y como proponía el modelo heliocéntrico desarrollado por Copérnico. Aunque en su día encontraron bastante oposición, las ideas de Galileo serían hoy mejor aceptadas, en parte gracias a la existencia de ascensores, escaleras mecánicas o aviones que constituyen excelentes laboratorios en los que cualquiera puede experimentar personalmente la relatividad del movimiento. Pensemos, por ejemplo, en lo que ocurre cuando viajamos en uno de esos ascensores en los que una puerta corredera nos aisla por completo del exterior. Al pulsar el botón de subida notamos que el ascensor se pone en marcha, del mismo modo que al llegar a nuestro destino sentimos los efectos del frenazo. Sin embargo, mientras el ascensor sube a velocidad constante nada sugiere que nos movamos, y en ocasiones llegamos a preguntarnos si el aparato ya se ha detenido sin que nos diéramos cuenta. Los efectos del movimiento uniforme son tan parecidos al reposo (en realidad son idénticos) que si pudiésemos ver pasar las puertas de los distintos pisos no tendríamos forma de saber si es el ascensor el que se mueve hacia arriba o el resto del edificio el que se mueve hacia abajo, ya que ambos puntos de vista son perfectamente compatibles.

Obviamente todo el mundo sabe que el edificio está quieto y es el ascensor el que se mueve, ¿pero está realmente inmóvil el edificio? ¿Acaso no se encuentra sobre un planeta que da vueltas sobre sí mismo y alrededor del Sol? ¿Y no es cierto que el Sol, a su vez, también orbita alrededor del centro de nuestra galaxia, la Vía Láctea? A poco que se piense resulta evidente que no existe en el universo un punto de referencia del que podamos decir que está quieto y respecto al cual todo lo demás se mueva. Todos los movimientos son relativos y la sensación de inmovilidad es en realidad una ilusión.

Cualquier medio de transporte capaz de viajar a velocidad constante nos proporciona un ejemplo similar al del ascensor, especialmente los aviones, que cuando alcanzan su velocidad de crucero se deslizan por el aire con total suavidad, libres de los traqueteos propios de trenes o automóviles. Sentados en nuestra butaca podemos charlar con la persona que tenemos al lado, o beber un vaso de agua sin que nada nos indique que viajamos a cientos de kilómetros por hora respecto al suelo, a no ser el hecho de que lo vemos deslizarse bajo nosotros. Un viajero inquieto podría imaginar diversos experimentos para poner a prueba la relatividad de Galileo, es decir, si realmente el movimiento con velocidad uniforme es indistinguible del reposo. Así, podría lanzar una pelota hacia arriba y vería que sube y baja verticalmente, cayendo de nuevo en su mano y no en la cola del avión. También podría colocarla sobre una superficie horizontal para ver si el desplazamiento del avión le imprime algún movimiento, pero comprobaría que la

pelota permanece inmóvil, exactamente igual que si estuviera en la superficie de la Tierra, a menos que el avión frene o acelere.

La conclusión es que mientras nuestro sistema de referencia (el entorno inmediato, especialmente aquel que se mueve igual que nosotros) se mueva a velocidad uniforme, las leyes de la física se comportan igual que cuando estamos en reposo. En el sistema de referencia del aeropuerto el avión se mueve y la torre de control permanece en reposo, pero en el sistema de referencia del avión éste permanece quieto y es el aeropuerto el que se desplaza con velocidad constante. Dependiendo del punto de vista que escojamos encontraremos diversas formas de describir lo que está ocurriendo, y todas ellas, según la relatividad de Galileo, serán igualmente válidas.

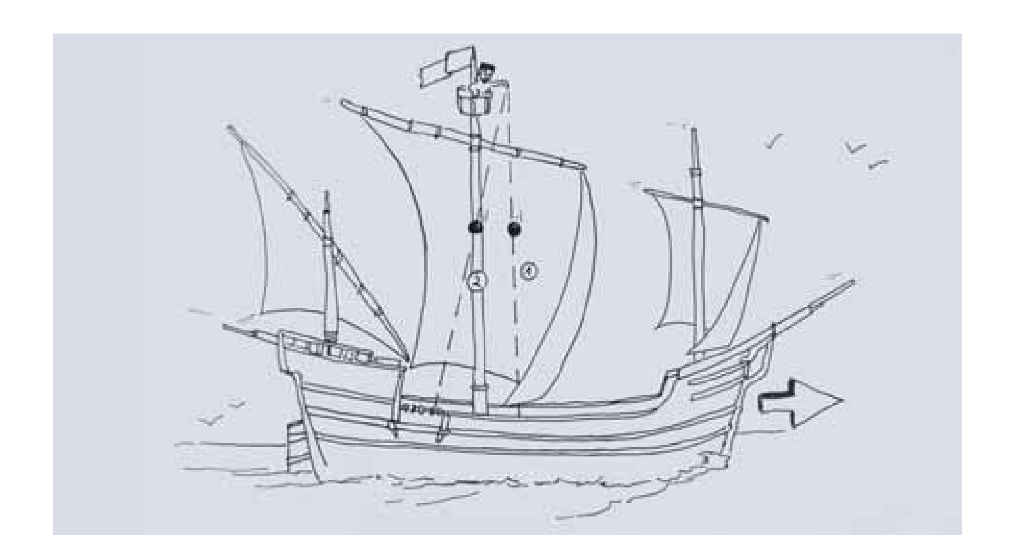
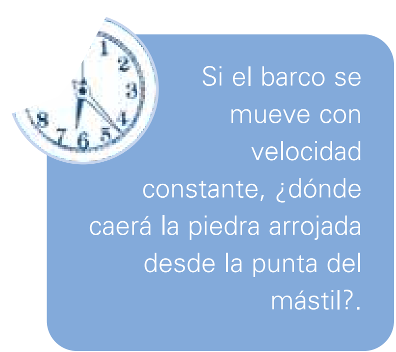


Figura 1



La relatividad de Galileo permitió a mucha gente asumir que la Tierra no estaba inmóvil en el centro del universo, sino que era uno más de los planetas que orbitaba alrededor del Sol. Aunque este movimiento no se caracteriza por tener velocidad uniforme (la Tierra cambia continuamente de dirección) la idea de la relatividad hacía posible comprender la ausencia de un fortísimo viento azotando la superficie del planeta en dirección contraria a la de su movimiento. El aire que nos rodea forma parte de nuestro sistema de referencia, del mismo modo que el aire en el interior de un coche forma parte del sistema de referencia de las personas que viajan en él. Sólo cuando abrimos la ventanilla y sacamos la mano notamos el aire del exterior moviéndose en dirección contraria a nosotros. Pero más allá de la envoltura de gases de la Tierra no hay nada, sólo espacio vacío que no ejerce presión alguna sobre nuestra atmósfera.

En el siglo XVIII Isaac Newton completó las ideas de Galileo sobre los movimientos de los cuerpos, unificando fenómenos aparentemente tan distintos como las órbitas de los planetas o la caída de una manzana. La primera de sus tres leyes de la mecánica establecía que si un cuerpo se encuentra en reposo, o se mueve en línea recta con velocidad uniforme, permanecerá en ese estado mientras no actúe sobre él una fuerza que lo modifique. Newton recogía así el legado de la relatividad de Galileo, equiparando el movimiento uniforme con el reposo.

Experimentos no tan mentales

Lleva la balanza del baño al ascensor y registra tu peso en distintas situaciones: al comenzar a subir, al comenzar a bajar, en las paradas y durante el viaje. ¿Cuándo pesas más? ¿Cuándo eres más ligero? ¿Cómo se compara tu peso mientras el ascensor se mueve a velocidad constante con lo que pesas en el baño de tu casa?.

2.2. La oscura naturaleza de la luz

A finales del siglo XIX la física había experimentado un desarrollo tan grande que muchos científicos pensaban que se trataba de una ciencia agotada, en el sentido de que apenas le quedaban unos cuantos flecos por resolver. Uno de estos flecos era la naturaleza de la luz, una realidad que Newton había descrito como un chorro de partículas pero que en determinadas situaciones también parecía comportarse como una onda. Al igual que otros fenómenos ondulatorios, como el sonido o las olas del mar, se suponía que la luz también necesitaba de un medio material para propagarse. Y si las ondas de luz podían viajar hasta nosotros desde las estrellas recorriendo inmensas distancias de espacio aparentemente vacío, ¿cuál era ese medio fabuloso, tan denso como para sustentar su paso y a la vez tan tenue que no frenaba a los planetas en sus órbitas alrededor del Sol? Para resolver esta paradoja se postuló la existencia del "éter luminífero", una substancia que lo llenaría todo y que serviría de soporte a la propagación de la luz y el resto de las ondas electromagnéticas, como las ondas de radio, las microondas o la radiación infrarroja.

A pesar de la falta de otras pruebas a favor de su existencia, la idea del éter resultaba atractiva porque permitía resolver la inconsistencia que se planteaba entre la mecánica de Newton y las ecuaciones de Maxwell, que describían con enorme precisión el comportamiento de la luz. De acuerdo con las leyes de Newton (y la relatividad de Galileo) la velocidad de la luz depende del sistema de referencia desde el que se mida, mientras que según las ecuaciones de Maxwell su valor es una cantidad absoluta que en el espacio vacío es igual a 300.000 km por segundo, una constante que suele simbolizarse con la letra "c". Es decir, según Newton la velocidad de la luz en el vacío era relativa (dependía del sistema de referencia desde el que se midiese) mientras que según Maxwell la velocidad de la luz era constante…¿pero en qué sistema de referencia? A lo mejor el éter era ese sistema de referencia universal y absoluto cuya existencia Galileo y Newton habían descartado. En cualquier caso, la inconsistencia entre las leyes de la mecánica y las del electromagnetismo resultaba terriblemente inquietante, ya que en ciertas situaciones sus resultados eran incompatibles. Por ejemplo,

¿qué ocurriría con un objeto que viajase a la velocidad de la luz? ¿Sería su velocidad relativa según el sistema de referencia, tal y como establecen las leyes de Newton; o sería absoluta como dictan las de Maxwell?.

Un valor aproximado

El método de los espejos rotantes desarrollado por Fizeau y Foucault (1862), perfeccionado durante el siglo XX, ha permitido determinar que la velocidad de la luz en el vacío es de 299.792,458 kilómetros por segundo, aunque se suele usar c = 300.000 km/s o $c = 3.10^8$ m/s. ¿Qué error cometes al usar en $E = mc^2$ el valor aproximado? ¿Te compensa teclear el valor exacto en la calculadora para resolver un problema?.

Por otra parte, la velocidad de la luz varía según el medio en el que se propague, de tal forma que en la atmósfera es algo más lenta que en el vacío. Esta ralentización se debe a que la luz interacciona con las moléculas del medio en el cual se propaga, aunque en el espacio vacío entre las moléculas su velocidad sigue siendo *c.*

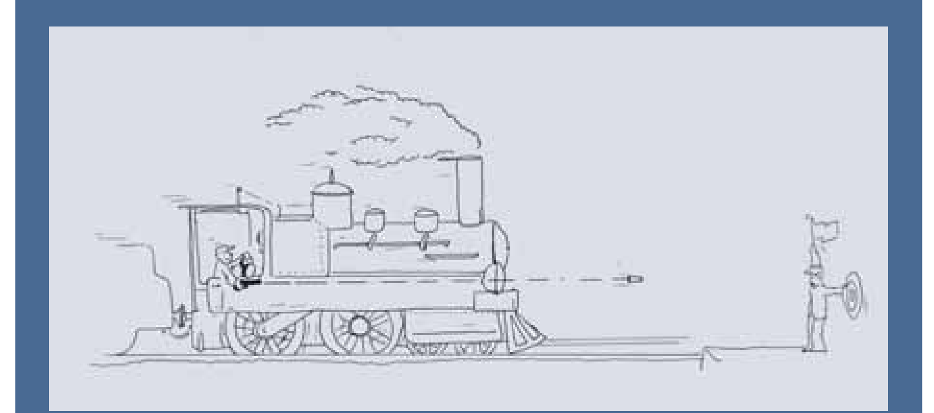


Figura 2

Según las leyes de Newton la velocidad de la luz es relativa, y depende del sistema de referencia que utilicemos para medirla. Cuando el tren entra en la estación, el maquinista enciende el faro y dispara una pistola. Sus aparatos de medida le indican que la velocidad de la luz es c, y la de la bala 1000 km/h. Haciendo las cuentas según las leyes de Newton, el jefe de la estación esperaría que la velocidad de la bala fuese 1100 km/ y la de la luz c + 100 km/h. Sin embargo, según las leyes de Maxwell la velocidad de la luz sería c para ambos observadores.

Lo cierto es que todos los experimentos para medir la velocidad de la luz siempre dan como resultado el mismo valor de c, con independencia del sistema de referencia desde el que se haga la medida. En este ejemplo, aunque para el jefe de estación la bala impacta en la diana a 1100 km/h, los dos observadores miden el mismo valor de la velocidad de la luz. Parece como si la luz no fuese un fenómeno como los demás, y su velocidad no dependa de la velocidad del objeto que la emita.

La velocidad de un tren (unos 30 m/seg) es tan pequeña respecto a la de la luz que cabe pensar que en la práctica resulta muy difícil medir la diferencia entre el valor de la velocidad de la luz que miden el maquinista y el jefe de estación. Sin embargo, la naturaleza nos ha proporcionado un vehículo mucho más rápido que cualquier tren: nuestro propio planeta que viaja alrededor del Sol a unos 30 km por segundo, la diezmilésima parte de la velocidad de la luz y cien veces más rápido que una bala que sale del cañón de una pistola. A esa velocidad no sería difícil apreciar la diferencia entre el valor medido para la velocidad de la luz que nos llega de una estrella lejana cuando la Tierra se encuentra en puntos opuestos de su órbita. En el primer caso, las leyes de Newton sugieren que la velocidad de la luz sería un poco mayor que c, y en el otro un poco menor que ese valor.

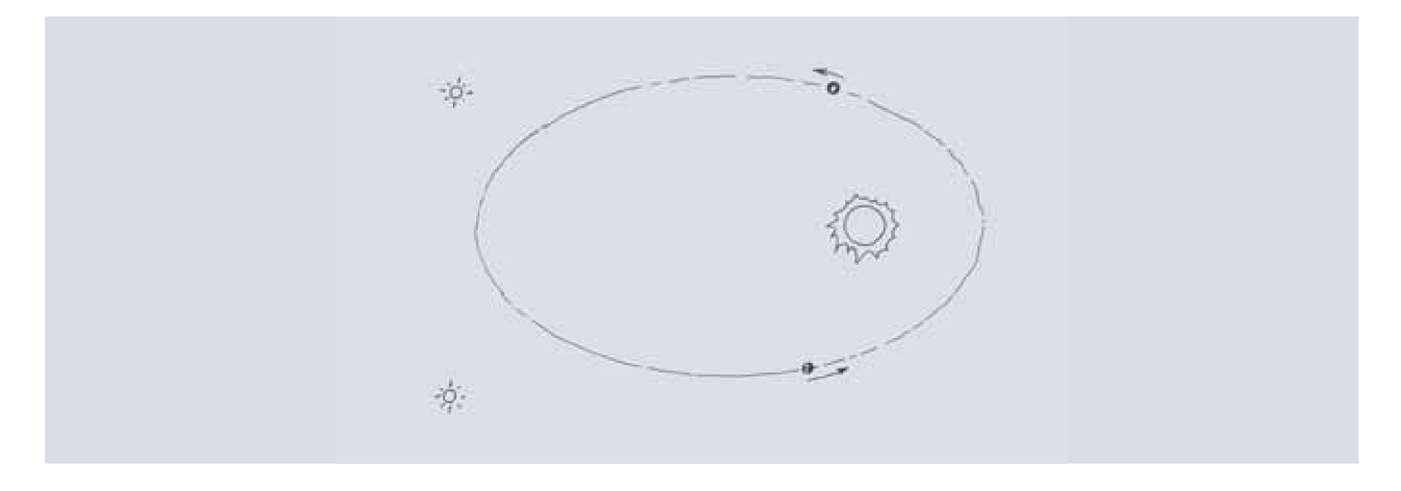


Figura 3

Más aún, el propio Maxwell se dio cuenta de que construyendo un aparato que permitiese medir en un laboratorio la velocidad de la luz en distintas direcciones debería ser posible encontrar ligeras diferencias según ésta viajase “a favor” del éter o a contracorriente del mismo. Tal experimento fue realizado en 1887 por los científicos estadounidenses Albert Michelson y Edward Morley, quienes prepararon una plataforma de piedra que flotaba totalmente horizontal en un baño de mercurio líquido. Sobre la plataforma montaron una fuente de luz y un sistema de espejos que enviaba dos rayos en direcciones perpendiculares, y que permitía medir el desfase en el tiempo que cada rayo empleaba en recorrer el camino de ida y vuelta. A medida que hacían medidas la plataforma se hacía girar, esperando encontrar una prueba de la presencia del éter en forma de un leve retardo cuando los rayos

de luz viajasen en la dirección del viento de éter. Sin embargo, aunque el dispositivo era lo suficientemente sensible como para medirlo, ese retardo nunca llegó a aparecer.

Lejos de convertirse en un fracaso, el experimento de Michelson y Morley se considera hoy como uno de los más importantes en la historia de la ciencia. El éter no sólo era un substancia extraordinaria, lo suficientemente fluida como para llenar todos los recovecos del universo y a la vez tan rígida como para sustentar el paso de la luz, sino que además resultaba absolutamente indetectable. Tanto que cabía sospechar de su existencia. Sin embargo, la hipótesis del éter era demasiado tentadora como para abandonarla y pronto surgieron explicaciones que justificaban el resultado del experimento. El irlandés George Fitzgerald propuso que la presión del éter podría hacer que los objetos se contrajesen en la dirección de su movimiento, contracción que afectaría tanto a la luz como a los aparatos de medida, por lo que ningún experimento podría detectarla. Hendrik Lorentz profundizó en esta hipótesis afirmando que la presión del éter también habría de ralentizar el paso del tiempo, de tal modo que la velocidad de la luz respecto al éter (la distancia que recorre un haz de luz dividida por el tiempo que emplea en hacerlo) habría de mantenerse constante, tal y como revelaba el experimento de Michelson y Morley. Pero esta explicación, aunque brillante, parecía demasiado aparatosa para encerrar algo de verdad.

2.3. Una propuesta revolucionaria

En la primavera de 1905, aunque sólo tenía 26 años y ocupaba un modesto puesto en la oficina suiza de patentes, Albert Einstein ya había logrado publicar dos importantes artículos. En el primero de ellos resolvía el enigma del "efecto fotoeléctrico", por el cual en determinadas condiciones un haz de luz llega a inducir una corriente eléctrica al incidir sobre una lámina metálica. En el segundo daba solución al misterio del "movimiento Browniano", como se conocía a la agitación errática que sufren pequeños granos de polen o cuerpos de tamaño semejante cuando están sumergidos en agua. Estos dos trabajos habrían bastado para catapultar a la fama a su autor, pero Einstein se encontraba en pleno *annus mirabilis* y tras el verano aún publicaría el artículo que presentaba la Teoría de la Relatividad Especial. El punto de partida de su trabajo era, sin duda, revolucionario: ¿Qué ocurriría si descartamos la existencia del éter y asumimos sencillamente que la velocidad de la luz es constante respecto a cualquier sistema de referencia en movimiento uniforme? ¿Cómo habrían de cambiar nuestra noción del tiempo y el espacio para acondicionarlas a esa nueva realidad?

Para ello, Einstein comenzó planteando dos postulados sobre los que habría de reconstruir la física del movimiento. El primero, siguiendo los pasos de la relatividad de Galileo, establecía que no existe en el universo un sistema de referencia absoluto, con lo que la pregunta de si un objeto está en reposo o se mueve con velocidad constante carece de sentido. A continuación Einstein postuló que la luz viaja siempre a la misma velocidad en el espacio vacío, con independencia del movimiento de la fuente que la emite.

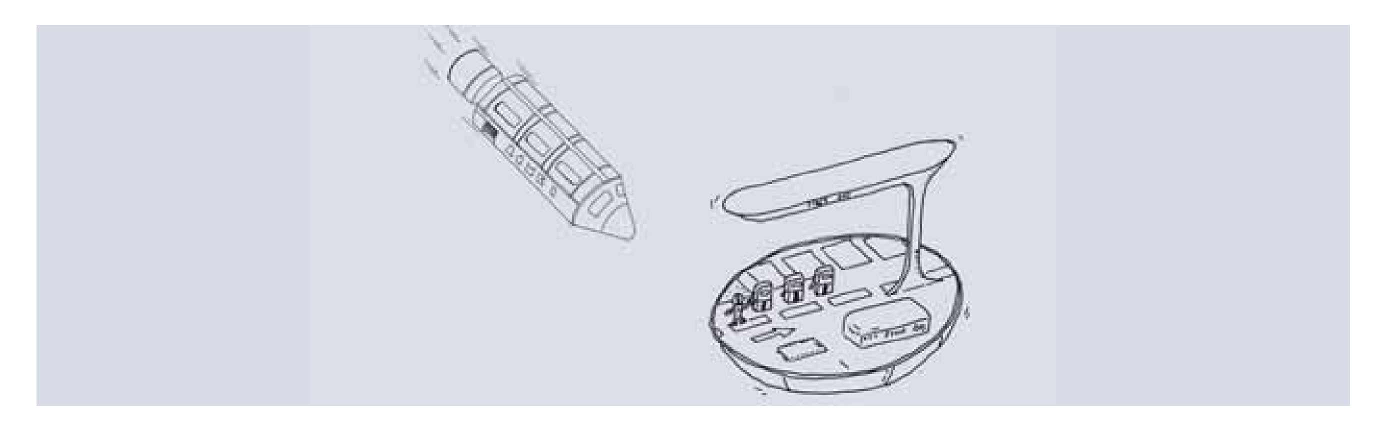


Figura 4

Con objeto de ver las implicaciones de esta nueva forma de entender el movimiento imaginemos lo que ocurre cuando la nave de un astronauta que viaja a velocidad uniforme pasa junto a una gasolinera espacial atendida por su hermano gemelo. Para empezar, y de acuerdo con el primer postulado de la Relatividad, la situación puede describirse de varias formas y todas son compatibles. Cada uno de los hermanos podría decir que se encuentra en reposo, y que es el otro el que se mueve. Hasta aquí todo parece normal, pero veamos lo que ocurre cuando hace su aparición la luz, por ejemplo en el momento en que la astronauta envía un rayo láser (es decir, un haz de luz) en dirección a su hermano. La combinación de los postulados de la Relatividad nos indica que ambos verán que el rayo láser sale de la nave y alcanza la estación a la misma velocidad de 300.000 km/seg.

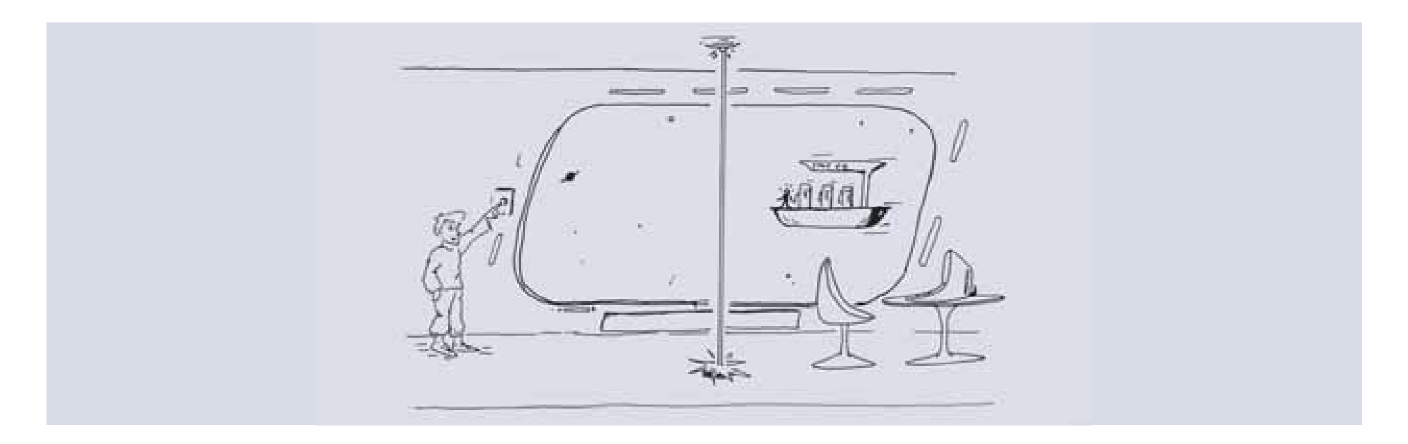


Figura 5

Supongamos ahora que, de acuerdo con un experimento acordado de antemano, en el momento en que la nave pasa junto a la gasolinera, el astronauta activa otro rayo láser situado en el interior y orientado desde el techo hacia al suelo de la nave. Para el astronauta, el láser viaja verticalmente recorriendo la altura del ventanuco a la velocidad de la luz. Sin embargo, desde la gasolinera y debido a su movimiento relativo, su hermano ve la trayectoria del láser inclinada hacia la esquina inferior del ventanuco, una trayectoria que es sin duda más larga que la que había observado el astronauta.

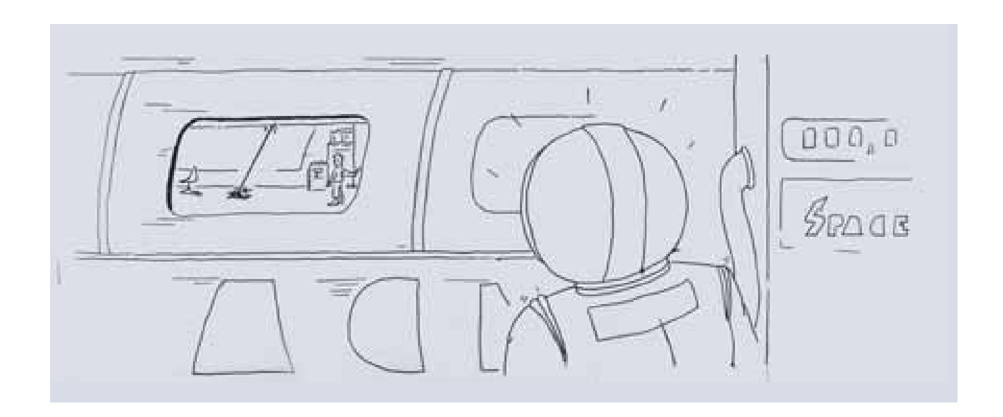
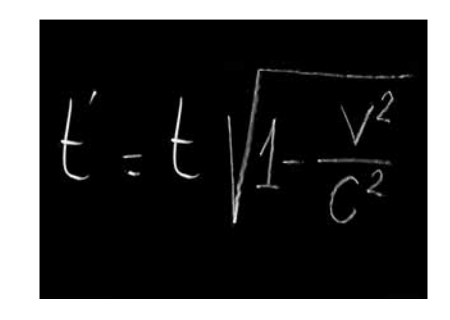


Figura 6

Sin embargo, la velocidad de la luz –el espacio que recorre dividido por el tiempo empleado en hacerlo– debe ser la misma para ambos. Si desde el sistema de referencia de la gasolinera la luz ha recorrido más distancia, no queda más remedio que asumir que su reloj también ha avanzado más deprisa, de modo que el cociente de longitud y tiempo siga siendo c. Esta conclusión contradice nuestras intuiciones más profundas sobre la naturaleza del tiempo, al que consideramos como una magnitud absoluta que impregna todo el universo y cuyo valor no depende del sistema de referencia desde el que se mida. Pero dentro de la lógica de la Relatividad Especial el tiempo y el espacio son relativos, de modo que el gasolinero debe asumir que su hermano no sólo ha conseguido el mando de una nave, sino que aún encima sus viajes por el espacio (a velocidad uniforme) le permiten envejecer más despacio que él. Su único consuelo es que el tripulante de la nave espacial no percibe ninguna alteración en la forma en la que pasa el tiempo, de modo que sólo podría percatarse de los rejuvenecedores efectos del movimiento cuando volviese a pasar al cabo de unos días por la gasolinera y se encontrase con que su hermano se ha hecho mayor que él, ¡a pesar de que son gemelos! La dilatación temporal permite viajar en el tiempo, aunque sólo hacia el futuro.

El tiempo se dilata

En la física clásica el tiempo era como la corriente de un río que nos arrastra inexorablemente hacia el futuro. La Teoría de la Relatividad convierte ese tiempo absoluto, idéntico para todos los observadores, en una magnitud relativa, de tal forma que el tiempo pasa de forma distinta en cada sistema de referencia. Si construimos dos relojes idénticos y subimos uno de ellos a una nave espacial, la relación entre los tiempos medidos por éste (t´) y los medidos por el que permanece en tierra (t) viene dada por la expresión:



La paradoja de los gemelos

La paradoja de los gemelos constituye una de las consecuencias más extraordinarias de la dilatación del tiempo relativista. Supongamos que un astronauta de 25 años emprende un viaje espacial al 85% de la velocidad de la luz, mientras que su hermano gemelo permanece en la Tierra controlando la misión. Si pudiese ver el reloj de la nave, el controlador vería que, tal y como establecen las expresiones para la dilatación temporal, por cada hora que transcurre en la Tierra el reloj de la nave sólo avanza 30 minutos. A su regreso el astronauta afirma que no ha notado nada raro en cuanto al paso del tiempo, y que según los relojes de su nave han transcurrido 30 años, por lo que él tiene ahora 55. Sin embargo, en Tierra ha pasado el doble de tiempo: su hermano gemelo acaba de cumplir los 85 y hace mucho tiempo que se ha jubilado. Es más, si a su partida el astronauta hubiese dejado un bebé recién nacido, a su vuelta se encontraría con que ahora el niño es mayor que él.

La paradoja describe con precisión lo que ocurre cuando viajamos a velocidades relativistas, pero para darle emoción ha sido necesario violar una las reglas básicas de la relatividad especial: es imposible que la astronauta haya hecho un viaje de ida y vuelta manteniendo siempre una velocidad uniforme.

La famosa paradoja de los gemelos pone en evidencia lo sorprendente que puede llegar a resultar la Teoría de la Relatividad, en la que el espacio y el tiempo pierden su carácter absoluto y se convierten en relativos, mientras que la velocidad de la luz sigue el camino inverso. Lógicamente, cuando el movimiento entre dos sistemas de referencia tiene lugar a velocidades mucho más pequeñas que c, sus efectos resultan inapreciables.



Figura 7:
En Canarias Einstein viaja en autobús gracias a la campaña elaborada por el Museo de la Ciencia y el Cosmos.

Foto: Gotzón Cañada.

Sin embargo, en objetos que viajan a velocidades relativistas, es decir, próximas a la de la luz, los efectos pueden ser espectaculares. Las naves espaciales son, por el momento, demasiado lentas como para poner en práctica el experimento de los gemelos, pero no resulta difícil encontrar velocidades relativistas en partículas subatómicas como las que se estudian en los aceleradores de partículas, o como los muones que caen constantemente sobre nosotros fruto de la interacción de los rayos cósmicos con las capas altas de la atmósfera, a unos 10 km del suelo. Los muones viajan al 99% de la velocidad de la luz, y se desintegran espontáneamente con una *vida media* de 2,2 millonésimas de segundo. Esto quiere decir que si tuviésemos cien muones en una caja al cabo de 2,2 microsegundos la mitad de ellos se habría desintegrado. Pasado otra vez ese tiempo los supervivientes serían 25; y 2,2 microsegundos más tarde apenas quedarían una docena de muones. A principio de los años 40 se construyeron los primeros detectores de estas partículas, uno de los cuales se colocó en la cima de una montaña a unos 1900 metros de altura. El aparato medía un flujo de 568 muones cada hora, mientras que detectores idénticos situados al nivel del mar registraban la llegada de 412 cada hora, una reducción esperada dado que algunas de estas partículas deberían desintegrarse en el último tramo de su camino. Sin embargo, al 99% de la velocidad de la luz los muones tardan 7 microsegundos en recorrer 1900 metros, lo cual puede no ser mucho para nosotros, pero para ellos supone más de tres vidas medias: ¡Tendrían que haber sobrevivido menos de la mitad de la mitad de la mitad de los que había en la cima de la montaña! La respuesta a este misterio está en la Teoría de la Relatividad, y especialmente en el efecto de dilatación temporal: mientras que en tierra han transcurrido 7 microsegundos, los muones sólo han envejecido 0,7 microsegundos, y por lo tanto muy pocos de ellos han tenido tiempo a desintegrarse.

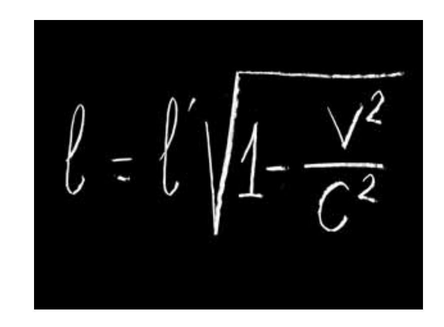
Algo más que una teoría

La relatividad de Einstein es algo más que una teoría: es una realidad. Así lo demuestra el hecho de que los muones lleguen hasta la superficie de la Tierra a pesar de que, según las leyes de la física clásica, deberían desintegrarse mucho antes.

Un efecto de la Relatividad similar al de la dilatación temporal es el de la contracción espacial, por el cual observamos que las longitudes se contraen en la dirección del movimiento. Esto quiere decir que cuando dos naves espaciales iguales se cruzan viajando con velocidad uniforme próxima a c y en sentidos opuestos, cada uno de los pilotos cree ver que la otra nave es más corta que la suya. En realidad no es que lo crean, sino que en la lógica relativista la nave que se mueve respecto a un observador "es más corta". Los efectos de la Relatividad no son ilusiones visuales, sino consecuencias reales de las leyes del universo que podemos medir siempre y cuando las velocidades implicadas sean lo suficientemente cercanas a la de la luz.

El espacio se contrae

Supongamos que construimos una nave espacial que mide exactamente 10 metros de longitud. Se lanza al espacio y se acelera hasta que alcanza una velocidad uniforme igual al 85% de la velocidad de la luz, momento en el que pasa ante nosotros. Si en ese momento medimos su longitud "en movimiento" encontramos que es de sólo 5 metros. Según la Teoría de la Relatividad, todos los objetos que se mueven con velocidad uniforme respecto a un observador aparecen reducidos en la dirección de ese movimiento según la expresión que mostramos a continuación.



Donde l es la longitud medida desde el sistema en reposo y l' la longitud medida desde el sistema en movimiento.

Por su parte, el piloto de la nave no percibe ninguna modificación en sus dimensiones durante la misión. Es más, cuando se le pregunta al respecto afirma que era la base terrestre la que aparecía comprimida longitudinalmente según la misma expresión.

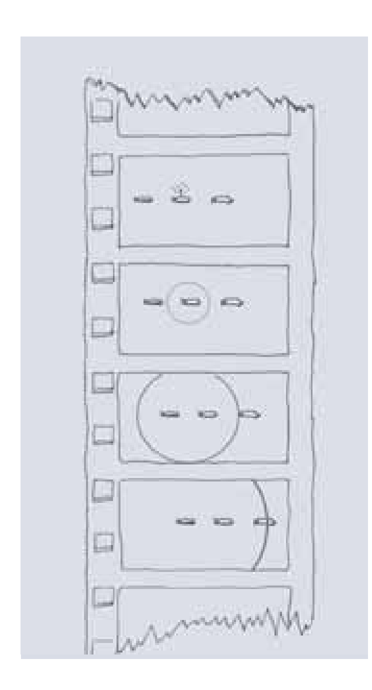


Figura 8:
La orden del desayuno, vista desde la gasolinera

2.4. El fin de la simultaneidad

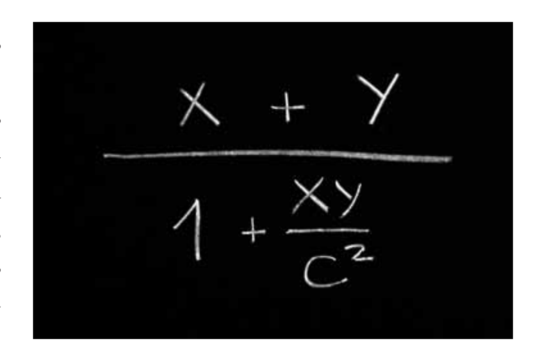
El tiempo inmutable y universal del que hablaban Galileo y Newton (y el que todos asumimos en nuestra vida cotidiana) permite determinar con toda certeza si dos sucesos son simultáneos o no. Sin embargo, en la Relatividad Especial el tiempo y el espacio dejan de ser absolutos, lo que exige que repensemos nuestra concepción de la simultaneidad. En su libro *Relativity visualized,* Lewis Carroll Epstein lo explica con el ejemplo de tres naves que viajan por el espacio en fila india y con velocidad uniforme. La Teoría de la Relatividad nos dice que para los tripulantes de las naves todo ocurre como si estuvieran en reposo y fuera el resto del universo el que pasara en dirección contraria.

Supongamos que el comandante de la formación, que va en la nave central y se comunica con las naves de escolta mediante señales luminosas, envía la orden para que las tripulaciones comiencen el desayuno en el momento en que pasa junto a la estación de servicio espacial. Para el comandante, la señal luminosa viaja a la velocidad de la luz y llega simultáneamente a las otras dos naves, equidistantes de la suya. Sin embargo, desde el sistema de referencia de la estación de servicio las cosas no ocurren igual. El gasolinero observa, tal y como establece la Teoría de la Relatividad, que la luz sale de la nave central con velocidad c en todas direcciones, pero mientras que la nave delantera “huye” de la señal luminosa, la nave que cierra la formación “acude a su encuentro”. En el sistema de referencia de la gasolinera la señal llega antes a la nave posterior, y por tanto sus tripulantes comienzan a desayunar antes que los de la primera nave. El comienzo del desayuno en la primera nave y en la última, que son simultáneos en el sistema de referencia de la flotilla, no lo son en cualquier otro sistema que se mueva con velocidad uniforme respecto a ella. Al convertir la velocidad de la luz en absoluta, la Teoría de la Relatividad también convierte en relativa la noción de simultaneidad. Sólo son simultáneos los sucesos que ocurren en el mismo instante y en el mismo lugar.

2.5. Otras paradojas

La Teoría de la Relatividad plantea tantas paradojas que en ocasiones no queda más remedio que acudir a sus ecuaciones para resolverlas. Supongamos, por ejemplo, que dos naves espaciales se aproximan entre sí, cada una viajando al 75% de la velocidad de la luz respecto a la estación de servicio espacial frente a la que va a tener lugar el impacto. Ya sabemos que si las naves comienzan a disparar sus cañones de rayos láser todos los observadores (ambos pilotos y el gasolinero) medirán que la velocidad de los rayos de luz es exactamente c, tanto los que salen, como los que llegan como los que pasan de largo. El gasolinero tampoco tiene problema en admitir que cada una de las naves se mueve

hacia donde él está a 0,75c, pero ¿qué dirá cada uno de los pilotos respecto a la velocidad con que se aproxima la otra nave? Utilizando la mecánica de Newton bastaría con sumar sus velocidades relativas, lo que daría un resultado de una vez y media la velocidad de la luz, violando así el segundo de los postulados de la Relatividad Especial. Para resolver esta paradoja deben acudir a las ecuaciones, según las cuales, si x e y son las velocidades de ambas naves medidas en el sistema de referencia de la gasolinera, la velocidad de una nave medida desde la otra sería...



2.6. Más rápido que la luz

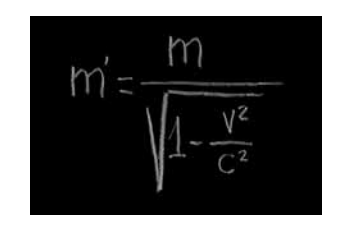
La Teoría de la Relatividad establece que ningún objeto o señal (por ejemplo una onda electromagnética) puede superar la velocidad de la luz. Sin embargo es posible imaginar situaciones en las que algo parezca moverse más rápido que la luz. Supongamos que tenemos un proyector lo suficientemente potente como para iluminar la Luna. Una bala disparada frente al proyector tardará aproximadamente una centésima de segundo en atravesar el haz de luz, exactamente lo mismo que su sombra en recorrer el disco lunar. Teniendo en cuenta que el diámetro de la Luna es de unos 3.500 kilómetros, la sombra de la bala se moverá por su superficie a 350.000 km por segundo, más rápido que los 300.000 km por segundo de la velocidad de la luz. Sin embargo, la sombra no es un objeto o una señal, y por tanto su velocidad no está limitada por la Teoría de la Relatividad.

2.7. ¿Qué pasa con la masa?

Nuestra experiencia de la masa se basa fundamentalmente en el peso de los objetos. Mientras que la masa es una propiedad característica de los cuerpos, su peso depende de la fuerza gravitatoria que experimentan, de tal forma que cualquier objeto –por ejemplo un lingote de oro– pesa menos en la Luna que en la Tierra. Pero además la masa se manifiesta a través de la inercia, es decir, de la resistencia de los objetos a ponerse en movimiento o a frenarse cuando se están moviendo, aún en ausencia de cualquier tipo de rozamiento. La Teoría de la Relatividad Especial no nos dice qué pasa en presencia de campos gravitatorios, pero sí lo que ocurre cuando existen movimientos uniformes y rectilíneos. Y como era de esperar, la masa también es relativa.

La masa aumenta

El tiempo y la longitud no fueron las únicas magnitudes a las que Einstein despojó de su carácter absoluto, sino que también aplicó el mismo tratamiento a la masa. Si medimos la masa de un cuerpo en reposo (m) y posteriormente lo aceleramos hasta que alcance una velocidad uniforme respecto a nosotros, encontraremos que su masa en movimiento (m´) se transforma según la expresión:



2.8. *Celeritas, celeritatis*

(O de cómo la velocidad de la luz llegó a convertirse en la protagonista indiscutible de $E = mc^2$, la fórmula de la equivalencia entre masa y energía).

Terminada su Teoría de la Relatividad Especial, Einstein tenía claro que todo era relativo (el tiempo, los eventos simultáneos, la longitud de las cosas, su masa) menos la inalcanzable e insuperable velocidad de la luz (c). Pero, ¿qué tenía que ver esa fabulosa propiedad de la luz con la conversión de la masa en energía y viceversa? Para comprenderlo basta con imaginar qué ocurriría si no estamos dispuestos a aceptar ese límite de velocidad universal. Pongámonos en la situación del piloto de un supertransbordador espacial último modelo: pisamos el acelerador y la energía transmitida al motor aumenta la velocidad. Sin embargo, a medida que nos acercamos a la velocidad de la luz nos resulta más difícil seguir acelerando, y además vemos cómo cualquier vulgar rayo de luz nos sigue adelantando. Esto nos saca de nuestras casillas, así que echamos mano del turbopropulsor. Nada: la velocidad de la astronave no aumenta lo más mínimo. Pero la energía transmitida al motor tampoco desaparece sin más; se condensa, convirtiéndose en masa e "hinchando" el transbordador.

Estos efectos, que Einstein imaginaba en sus experimentos mentales, pueden observarse en los modernos aceleradores de partículas como los instalados en el CERN de Ginebra. Allí se puede apreciar como los protones acelerados a velocidades próximas a la de la luz llegan a duplicar su masa.

Con c de celeritas

La c de la ecuación de Einstein viene del latín *celeritas* (que significa velocidad). Pero, antes de que la velocidad de la luz adoptara ese símbolo dentro de la ecuación de Einstein, tuvo que superar muchos prejuicios a lo largo de siglos. Los sabios griegos estaban convencidos de que la transmisión de la luz era instantánea y su velocidad, por tanto, infinita, lo que nunca le habría permitido aparecer en una ecuación. Pero a finales del siglo XVII el astrónomo danés Ole Roemer logró demostrar que incluso a la luz le lleva su tiempo recorrer largas distancias; que su velocidad era muy grande –pero no infinita– y que su valor podía medirse.

Los astrónomos tenían dificultades para cronometrar el tiempo que tardaban las lunas de Júpiter en dar una vuelta al planeta, en especial Io, cuyo período de rotación ronda las 42 horas y media. Roemer observó que el tiempo entre cada paso de Io se hacía más corto a medida que la Tierra y Júpiter se aproximaban, y aumentaba cuando la Tierra estaba más alejada de Júpiter. Esto podía explicarse asumiendo que la luz viajaba con una velocidad finita, empleando un tiempo extra en recorrer el diámetro de la órbita terrestre. Así, el 9 de noviembre de 1676, logró predecir con éxito que Io aparecería desde detrás de Júpiter a las 17.37 horas, 10 minutos después de lo que habían calculado otros colegas que todavía se aferraban a la vieja idea de la luz infinitamente rápida.

2.9. **$E = mc^2$** Un poema relativista

Cierto día un filósofo quiso buscar la belleza de la poesía en el interior de las fórmulas matemáticas, y en mayo de 2004 preguntó a los lectores de *Physics World* cuál era la ecuación más grande de la Física. El concurso parecía hecho a la medida de Einstein y su fórmula $E = mc^2$, justo en la víspera del centenario de esta ecuación que sacó a la luz pública la íntima relación entre masa y energía. Y es que lo que nació como una simple consecuencia de la Relatividad Especial es hoy la ecuación más famosa del mundo. Su fama va más allá de la Relatividad, de su utilidad tecnológica, o del hecho de que constituya el primer paso hacia la energía nuclear: las siglas mc^2 han sido adoptadas por todo tipo de instituciones, empresas o colectivos de multitud de países.

No son sólo museos científicos los que llevan esta marca, sino también empresas de consultoría, diseño, programación o nanotecnología; patronatos de cultura e incluso clubes de moteros. El sello einsteiniano sirve tanto como símbolo de prestigio, de calidad, de alta tecnología y de fiabilidad, que como bandera de rebeldía y creatividad.

Lista de iconos de empresas e instituciones, algunas fuerzan un poco las siglas:

MC^2 Audio. *Fabricante de amplificadores de alta fidelidad.* Gran Bretaña.

MC_ Market & Competitive Convergente. *Consultora.* EEUU.

MC_ SYSTEMS. *Programación.* EEUU.

Motor City Music Conference. *Festival de música.* EEUU.

MC Squared. *Consultora.* EEUU.

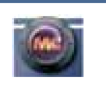
MC2: Departamento de Microtecnología y Nanociencia. *Universidad Chalmers de Goteborg. Investigación.* Suecia

E=mc^2 Digital. *Efectos digitales para cine y* TV. EEUU.

Maison de la Culture de Grenoble. *Auditorio cultural.* Francia

MC2: Estimating Software. *Programación.* EEUU.

(Continua en la página siguiente)


Middle Creek Marketing. *Publicidad.* EEUU.


Le moto-club des filles. *Agrupación de motociclistas.* Francia.



MC2 Turismo. *Agencia de Viajes.* Brasil.


Máster de Calidad en la Construcción. *Enseñanza.* España.


MC-2. *Estudio de ingeniería.* España.



MC2 Ingeniería y Sistemas. *Maquinaria e instalaciones industriales.* España.

Pero si para el resto de los mortales $E = mc^2$ es el símbolo de la ciencia y todo un icono del siglo XX, los lectores habituales de *Physics World* parecen un poco cansados de ella, y en su particular lista de las 40 principales han colocado la ecuación de Einstein en el sexto lugar. Sus partidarios quedaron un poco decepcionados de que no se apreciara más esa fórmula sencilla y, a la vez, capaz de encerrar ideas profundas y revolucionarias. Sin embargo, la mayoría de los encuestados valoraron más la elegancia matemática de la ecuación de Euler para el movimiento de las ondas, así como la capacidad de Maxwell para resumir en 4 concisas ecuaciones toda la óptica, la electricidad y el magnetismo.

Euler y Maxwell comparten el primer puesto de esa lista, seguidos de Newton y su segunda ley; de Pitágoras y su teorema, de Schrödinger y su ecuación fundamental de la mecánica cuántica, y por fin, de Einstein. Cada uno en su estilo, pero todos con algo en común: esa inspiración para describir la Naturaleza con unos pocos símbolos. Y es que una ecuación vale más que un millón de palabras. Por más palabras que se junten, ningún párrafo podría describir la caída libre de un cuerpo mejor que la fórmula $v = gt$ ¿Acaso no es esto lo que logra la poesía?

Top ten

Las 10 ecuaciones más importantes de la historia de la física (Tabla de la revista *Physics World).* Haz una lista con las ecuaciones y fórmulas más populares en tu clase. ¿En qué os basáis para escogerlas? ¿Alguna está en la lista "por bonita"? ¿Y por compleja? ¿Alguna te ha sacado de un apuro en la vida cotidiana, más allá de los exámenes?

Ecuaciones de Maxwell:	$\nabla \cdot D = \rho$ $\nabla \cdot B = 0$ $\nabla \times E = -\partial B/\partial t$ $\nabla \times H = \partial D/\partial t + J$
Ecuación de Euler:	$e^{i\pi} + 1 = 0$
Ecuación de Newton:	$F = ma$
Ecuación de Pitágoras:	$a^2 = b^2 + c^2$
Ecuación de Schrödinger:	$H\Psi = E\Psi$
Ecuación de Einstein:	$E = mc^2$
Ecuación de Boltzmann:	$S = k \ln W$
	$1 + 1 = 2$
Principio de Hamilton:	$\delta S = 0$
Ecuación de Broglie:	$p = h/\lambda$
Ecuación Teoría General Relatividad de Einstein:	$G_{\mu\nu} = 8\pi G T_{\mu\nu}$
Transformación de Fourier	
Longitud del círculo:	$C = 2\pi r$
Ecuación de Dirac:	$I\gamma \cdot \partial\Psi = m\Psi$
Ecuación de Euler:	$\zeta(s) = \Pi\left[p^s/(p^s - 1)\right]$
Ecuación de Hubble:	$v = H_o d$
Proporción Simple:	$a/b = c/d$
Ley de Gases Ideales:	$PV = nRT$
Serie de Balmer:	$1/\lambda = R\left(1/n_1^2 - 1/n_2^2\right)$
Ley de Planck:	$E = hv$

2.10. La belleza de las cosas simples

Quienes enviaron sus ecuaciones preferidas a *Physics World* se basaron en aspectos como la importancia histórica de una fórmula para el avance de la ciencia; su utilidad práctica, sus aplicaciones tecnológicas y su carácter universal, que las hace más grandes cuantos más fenómenos y situaciones diferentes son capaces de abarcar. Esta última característica es la que Einstein más admiraba de las ecuaciones de Maxwell, que tomó como ejemplo en su empeño de unificar la electricidad, el magnetismo y la óptica con los fenómenos gravitatorios. Pero ni siquiera Einstein pudo con esa unificación, un reto que permanece pendiente para los físicos del futuro.

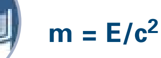
Por otro lado, nada como la sencillez. Sólo así se explica que unos científicos hechos y derechos coloquen en el *top ten* de las ecuaciones más importantes de la Física a un invitado sorpresa y sin padrino: 1 + 1 = 2. ¿Una extravagancia o el sincero homenaje a la madre de todas las ecuaciones? En cualquier caso, esta expresión es como un cuento matemático para niños; y aprenderlo –al sumar dos dedos– constituye el primer paso para convertir objetos físicos en símbolos.

Unos cuantos pasos más allá, entender qué significa $E = mc^2$ no resulta tan simple, pero sí es una de las partes más asequibles de las aportaciones científicas de Einstein. Lo que venía a decir con su famosa fórmula es que la materia (m)

se puede transformar en energía (E), y que al ser c^2 (el cuadrado de la velocidad de la luz) un número tan grande hay muchísima energía encerrada en cualquier cosa. La materia es energía condensada. Tan condensada que en un sólo gramo de agua, o de cualquier otra sustancia, hay tanta energía como la que se produce al quemar cientos de miles de litros de gasolina.

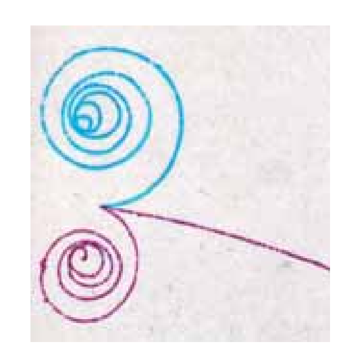
2.11. Energía en libertad

Si hemos captado la esencia de $E = mc^2$, ya sabemos que haciendo desaparecer una pequeña cantidad de masa podemos obtener una cantidad enorme de energía. Pero en 1905, cuando Einstein publicó la ecuación, nadie sabía aún cómo llevar a cabo el proceso y ni siquiera si sería posible hacerlo. Por aquel entonces, los pioneros de la radiactividad ya habían identificado algunas substancias que emitían energía de forma espontánea, pero los detalles de estas reacciones no se resolverían hasta 1938, cuando Otto Hahn y Fritz Strassmann lograron describir la ruptura de un núcleo de uranio en varios fragmentos. Sin embargo, los resultados que obtenían en el laboratorio no se ajustaban exactamente a lo que habían calculado, de modo que recabaron la ayuda de Lise Meitner y Otto Frisch, quienes se dieron cuenta de que al uranio le ocurría algo extraordinario. En efecto, cuando compararon la masa de lo que había antes y después de la reacción (es decir, de los reactivos y los productos) observaron que faltaba una pequeña cantidad de materia. Esa aparente violación de la antigua ley de conservación de la masa sólo podía explicarse asumiendo que la materia se había convertido en energía, y precisamente en la proporción que predecía la ecuación de Einstein: $E = mc^2$. Habían descubierto la fisión nuclear, y con ella una nueva forma de obtener cantidades enormes de energía.



$m = E/c^2$

Viajando en el sentido contrario de la ecuación, la teoría dice que también podemos transformar energía en materia. Este proceso se puede fotografiar en una cámara de burbujas obteniendo imágenes como ésta, en la que se muestra la creación de un electrón y su correspondiente antipartícula, denominada positrón. ¿Se te ocurre alguna utilidad para este proceso inverso?.



La validez de la fórmula ya estaba comprobada y sólo faltaba su aplicación práctica. Habrían de pasar unos años hasta lograr transformar una cantidad apreciable de materia en luz, calor, movimiento y otra formas de energía en el primer ensayo de la bomba atómica. Pocos años después ya era posible controlar la energía desbocada de la bomba, moderando las reacciones de fisión para obtener electricidad en las centrales nucleares. Aún hoy la ciencia sigue intentando vencer las limitaciones tecnológicas para transformar la materia en energía. En 2005, año 100 de la era $E = mc^2$, el proyecto internacional ITER decidió construir en Francia un reactor experimental con el que reproducir en la Tierra otra reacción nuclear, la de fusión, que proporciona energía al Sol y al resto de las estrellas con un rendimiento envidiable: un gramo de materia se transforma en energía suficiente como para mantener 100 bombillas encendidas durante un siglo.

Aquel epílogo de la Relatividad Especial rompió moldes. A principios del siglo XX parecía claro que materia y energía eran dos realidades estancas que no tenían nada que ver entre sí. Einstein descubrió un pasadizo secreto que las relacionaba, y lo hizo a su manera. No se puso a experimentar con balanzas de precisión que le permitieran encontrar la "masa perdida", sino que llegó a la fórmula dando lo que parece un enorme rodeo. Partió de algo sin ninguna relación aparente con la materia: la velocidad de la luz y siguió el camino que le marcaba su instinto. Se puso a divagar, a soñar, e inició un sencillo desarrollo matemático que le llevaría a la solución sin pisar un laboratorio.

Versión original

Era una extraña idea, fruto de los experimentos mentales de un joven que no había acabado su tesis doctoral. Ni siquiera era el centro de su Teoría de la Relatividad Especial, sino que figuraba en un añadido que Einstein publicó unos meses después: un articulillo de tres páginas titulado *¿Depende de su energía la inercia de un cuerpo?*. En él se deducía por primera vez la famosa ecuación, aunque está un poco irreconocible:

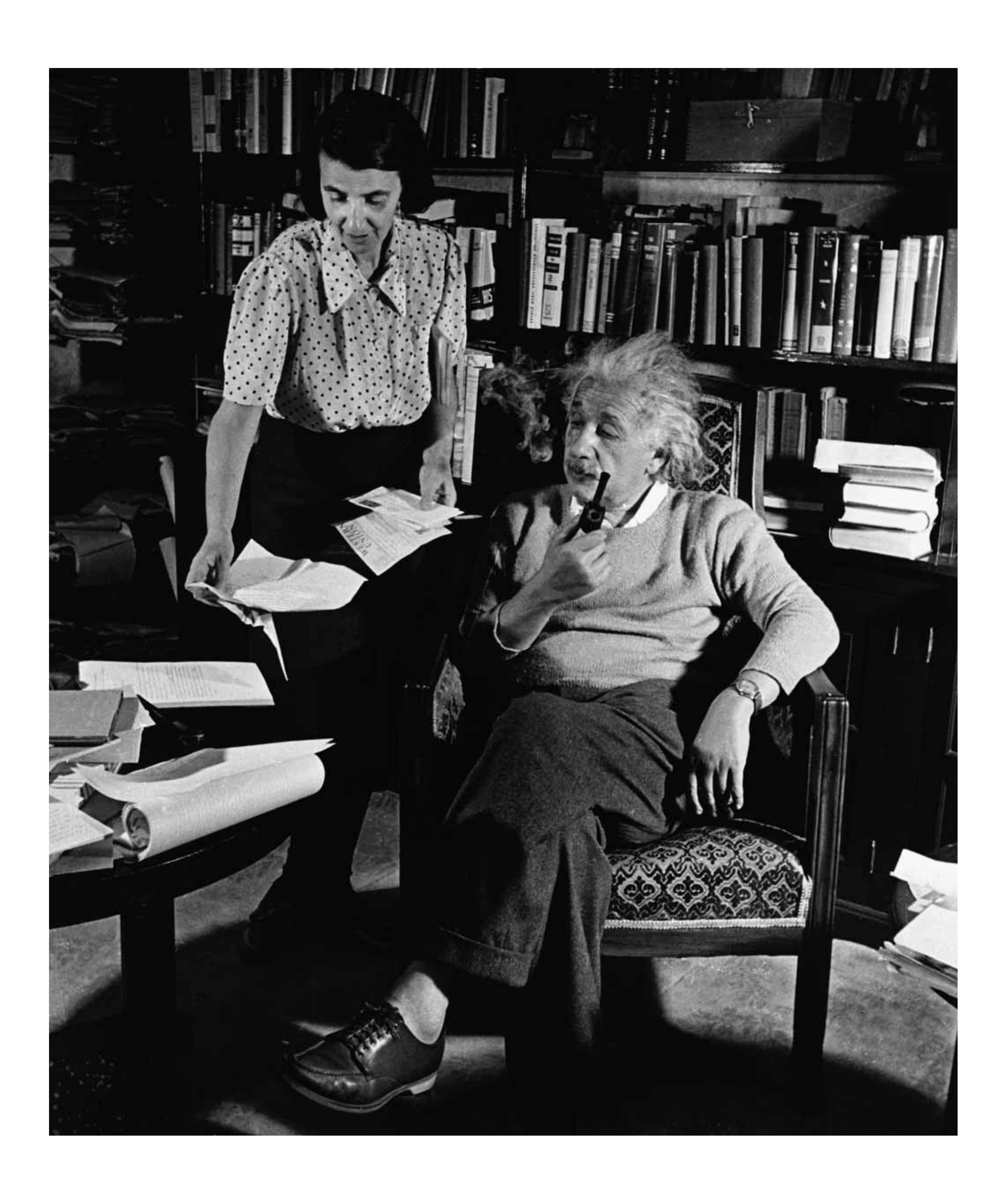
«Si un cuerpo libera la energía L en forma de radiación, su masa disminuye en la cantidad L/V2».

(Cita original del artículo donde apareció por primera vez la fórmula de Einstein.Annalen der Physik 18 (1905), pp. 639-641).

Deduciendo, que es gerundio

David Bodanis, autor del libro *$E = mc^2$: la biografía de la ecuación más famosa del mundo,* presenta en su web un método para deducirla usando matemáticas de secundaria, y evitando la complejidad de la deducción original ¿Te atreves?.

http://www.davidbodanis.com/books/emc2/notes/relativity/index.html



3. Relatividad General: una teoría para el mundo real

Los artículos que Einstein publicó en 1905 modificaban sustancialmente las nociones de espacio, tiempo y masa, que se convertían en relativas y dependían del movimiento entre el observador y lo observado. Sin embargo, la Teoría de la Relatividad Especial (o Restringida) sólo explicaba lo que ocurre cuando los movimientos son rectilíneos y a velocidad constante, una situación muy alejada de la realidad del universo, en el que todo parece estar siendo acelerado bajo los efectos de la fuerza de la gravedad de un planeta, una estrella o una galaxia. Tras su publicación en 1905, Einstein comenzó a trabajar en la ampliación de su teoría, que tras muchos esfuerzos publicaría en 1916. El resultado era matemáticamente mucho más complejo que el de la Relatividad Especial, y de las ecuaciones se deducía que la presencia de una masa deformaba el tejido del espacio-tiempo, del mismo modo que una bola de billar deforma la superficie de una sábana tensada por sus cuatro esquinas. Cualquier objeto situado en las proximidades de una estrella –o de la bola de billar– sería atraído hacia ella, no como resultado de una fuerza misteriosa sino por efecto de la propia curvatura del espacio-tiempo, el tejido 4-dimensional que forma nuestro universo.

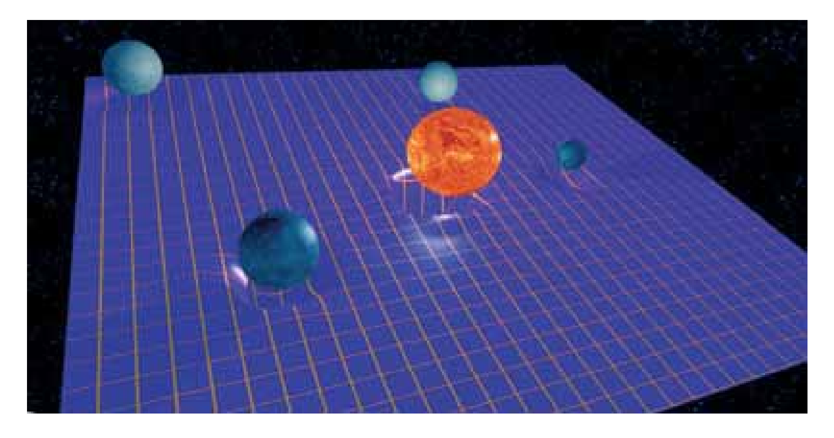


Figura 9: La presencia de una estrella deforma la trama temporal en sus proximidades.

La Teoría de la Relatividad Especial establecía que un observador veía que el tiempo pasaba más despacio en los relojes que se movían respecto a él. En la Relatividad General, la gravedad también afecta al paso del tiempo, de tal forma que cuanto más intenso sea el campo gravitatorio al que estamos sometidos, más lentamente avanzará nuestro reloj. El campo gravitatorio terrestre se hace más débil a medida que ascendemos, de modo que dos hermanos gemelos que vayan a vivir a pisos distintos del mismo edificio encontrarán que quien habite en el piso más alto envejecerá más deprisa.

La ralentización del tiempo en presencia de un campo gravitatorio se ha medido mediante relojes atómicos situados a distintas alturas, y es un fenómeno que afecta a cualquier tipo de fenómeno periódico, desde los latidos del corazón hasta la frecuencia de la luz. De hecho, una de las predicciones más sorprendentes de la relatividad general –posteriormente confirmada– era que el espectro de la luz que procede del Sol debería aparecer levemente corrido hacia frecuencias más bajas (es decir, hacia la parte roja del espectro), debido a la intensa atracción gravitatoria que experimenta en las proximidades de nuestra estrella.

El tiempo también se dilata

En la dilatación temporal de la Relatividad Especial, debida al movimiento uniforme, todos los observadores pueden imaginar que están en reposo y que son los otros quienes se mueven, de forma que todos piensan que su reloj funciona bien y que el de los demás va más despacio. Por el contrario, en la dilatación temporal debida a la gravedad, quienes viven en el sótano piensan que su reloj va bien y que el del ático va más deprisa, mientras que los del ático creen que el suyo va bien y es el reloj del sótano el que avanza más despacio.

Las longitudes se dilatan

El movimiento uniforme de la Relatividad Especial hacía que los objetos que se movían respecto a nosotros aparecieran contraídos en la dirección del movimiento. La gravedad también actúa sobre las longitudes, pero de un modo distinto: los objetos se "estiran" a medida que aumenta la aceleración de la gravedad, de forma que un astronauta es ligeramente más alto en la Tierra que en la superficie de la Luna.

3.1. Y esto de la relatividad, será cierto?

Por muy ingeniosa y bella que parezca, ninguna teoría científica sirve de mucho si es incapaz de explicar lo que observamos o no sirve para predecir la existencia de fenómenos todavía desconocidos. A día de hoy la Teoría de la Relatividad ha superado con éxito todas las pruebas a las que ha sido sometida, siendo la más famosa de ellas la comprobación de que la presencia de una masa curva la trayectoria de un rayo de luz, un efecto demasiado débil como para detectarse en el laboratorio pero que debería percibirse cuando la luz de una estrella lejana pasase junto al Sol.

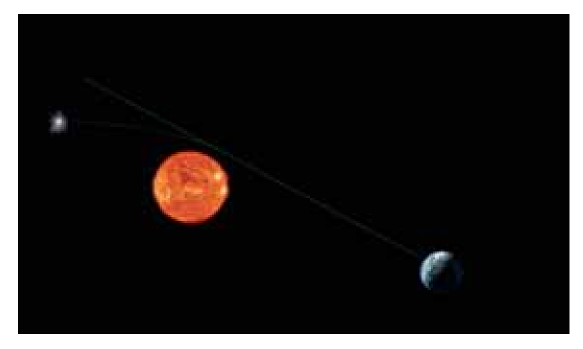


Figura 10: Deflexión de la luz de las estrellas al pasar junto al Sol.

La mejor forma de comprobar la deflexión de la luz consistiría en medir la posición de una estrella en el momento en que el Sol la oculta, pero esta observación sólo puede realizarse durante un eclipse solar, cuando la interposición de la Luna proporciona unos instantes de oscuridad durante los que se llegan a ver las estrellas. En 1919 una expedición británica liderada por Sir Arthur Eddington viajó hasta África para observar el eclipse total que se podría ver desde allí el 29 de mayo. Tras casi tres semanas de lluvia incesante los expedicionarios lograron fotografiar el final del eclipse, determinando la posición aparente de las estrellas del fondo y comparándola con las que se habían obtenido en ausencia del Sol. El resultado, aunque ajustado, mostraba que, tal y como predecía la teoría, las estrellas aparecían desplazadas debido a que su luz se había desviado siguiendo la curvatura del espacio-tiempo deformado por la enorme masa solar.

En 1927 se publicaron los primeros trabajos que, basados en la Relatividad, proponían que el universo podría encontrarse en expansión. Si esto fuese así tendría sentido pensar que en un pasado remoto todo cuanto hay se encontraría confinado en una especie de "átomo primordial", lo que implicaría que el universo surgió de la nada en una gran explosión o "Big Bang". Dos años más tarde el astrónomo Edwin Hubble encontró pruebas inequívocas de que las galaxias se alejan unas de otras como los lunares dibujados en un globo que se infla, y que por tanto el universo entero se encuentra sometido a un proceso de expansión generalizada. La Relatividad también ha permitido deducir la existencia de objetos tan extraordinarios como las lentes gravitacionales o los agujeros negros, y están en marcha experimentos para detectar otras de sus predicciones, como las ondas gravitacionales.



Para saber mucho en poco tiempo (y menos espacio)

1. Sobre la luz

- La luz se propaga en el vacío siempre con la misma velocidad (se representa con la letra c), independientemente del estado de movimiento del cuerpo que la emite.
- La velocidad de la luz es un límite absoluto que ningún móvil puede sobrepasar.
- Los rayos de luz experimentan la atracción gravitatoria, y se curvan en la proximidad de una masa.
- En un campo gravitatorio muy intenso el espectro de la luz se desplaza hacia el rojo.

2. Sobre el espacio

- En el espacio no existe un sistema de referencia absoluto respecto al cual medir todos los movimientos.
- La distancia entre dos puntos fijos depende del sistema de referencia. Un observador que mida una regla de un metro que viaja al 85% de la velocidad de la luz respecto a él dirá que la regla sólo mide 50 cm. Por el contrario, otro observador que cabalgue sobre la regla no apreciará acortamiento alguno.
- Los objetos parecen "estirarse" en presencia de un campo gravitatorio, de modo que un astronauta es ligeramente más alto en la Tierra que en la Luna, donde la gravedad es menor.

3. Sobre el tiempo

- No existe un tiempo absoluto. Cada sistema de referencia tiene su propio tiempo.
- La velocidad a la que pasa el tiempo varía con la velocidad del sistema de referencia. Un observador en reposo ve que el tiempo pasa más despacio en una nave espacial que se mueve con velocidad uniforme respecto a él. Sin embargo, los tripulantes de la nave no perciben que "su" tiempo se ralentice.
- El tiempo se dilata en presencia de un campo gravitatorio, de modo que un reloj en la Tierra va más despacio que el mismo reloj en la Luna.

4. Sobre la masa y la energía

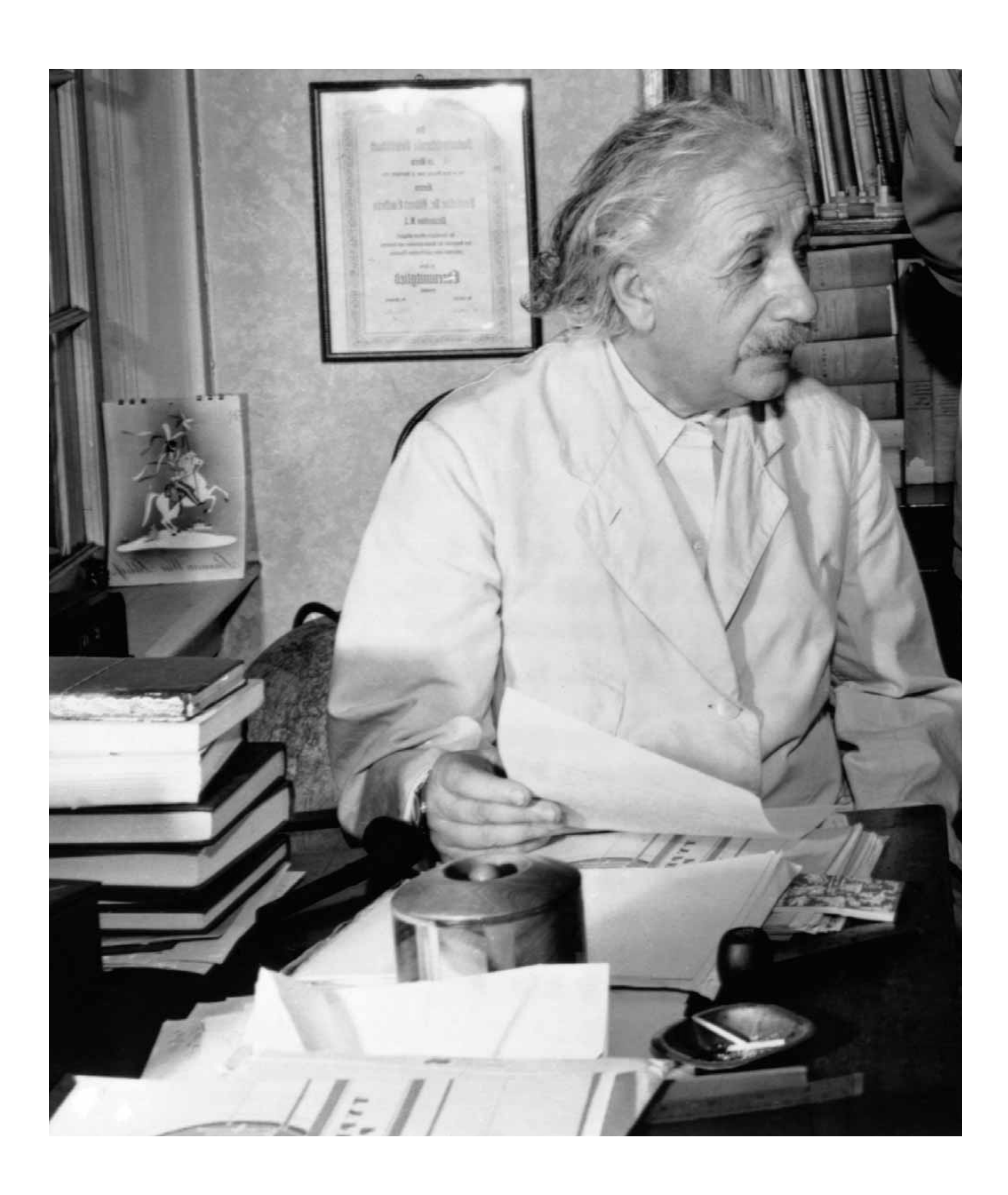
- La masa de un cuerpo (o mejor dicho, la inercia) aumenta con su velocidad. Esto hace difícil que una nave espacial pueda moverse con velocidades próximas a las de la luz, porque a medida que acelera su masa inerte se hace más grande.
- Cuando un cuerpo absorbe energía su masa aumenta. La masa y la energía son realidades equivalentes, y la relación entre ambas viene dada por la ecuación $E = mc^2$.

5. Sobre las leyes de la física

- La fuerza de la gravedad es el resultado de la curvatura del espacio-tiempo provocada por la presencia de una masa. La masa de la Tierra deforma el espacio-tiempo de su entorno, haciendo que los objetos (y la luz) caigan hacia ella.
- El universo tiene al menos cuatro dimensiones: tres de ellas relativas al espacio y una relativa al tiempo.

CONCLUSIÓN

Las afirmaciones que preceden son, sin duda, controvertidas y desafían el sentido común. Sin embargo, para Einstein el sentido común sólo se fundamenta en nuestra experiencia, que se limita a objetos no muy grandes moviéndose a bajas velocidades. En estas condiciones la mecánica de Newton es perfectamente aplicable, ya que los efectos relativistas resultan despreciables. Pero cuando estudiamos las profundidades del átomo –o del universo– el sentido común ya no sirve de guía. Aparecen entonces diferencias apreciables entre los dos puntos de vista, y la Relatividad de Einstein resulta notablemente más precisa que la mecánica de Newton.



4. El efecto fotoeléctrico: la luz ya no es lo que era

La luz es uno de los fenómenos que más ha intrigado a filósofos y científicos de todas las épocas. Los atomistas de la antigua Grecia pensaban que los rayos de luz estaban formados por un chorro de minúsculas partículas, idea a la que Isaac Newton dio forma científica en el siglo XVII. Aunque el modelo de Newton resultaba bastante aceptable, pronto fue desechado a favor de la teoría ondulatoria de Huygens, que establecía que la luz era el resultado de una perturbación en el éter, el medio material que llenaba cada recoveco del espacio. Con el paso de los años esta teoría fue ganando aceptación, y en la segunda mitad del siglo XIX James C Maxwell logró unificar la descripción de la luz, la electricidad y el magnetismo; sintetizándolos en un reducido grupo de ecuaciones que los presentaba como diversas expresiones de un mismo fenómeno.

Según las ecuaciones de Maxwell la luz visible forma parte del espectro electromagnético. Las ondas electromagnéticas se diferencian por su frecuencia y han sido agrupadas de forma arbitraria en ondas de radio, microondas, radiación infrarroja, luz visible, radiación ultravioleta, rayos X y rayos gamma.

Entre los pocos hechos experimentales que en tiempos de Einstein todavía no encajaban en la descripción ondulatoria de Maxwell destacaba el efecto fotoeléctrico, según el cual un haz de luz era capaz de arrancar electrones cuando incidía sobre la superficie de un metal. Nadie sabía explicar por qué la velocidad con que salían los electrones no dependía de la intensidad de la luz que llegaba, pero sí de su frecuencia. El 17 de marzo de 1905, tres días después de cumplir 26 años, Einstein envió a la revista *Annalen der Physik* el primero de sus cinco artículos de 1905, titulado *Un punto de vista heurístico sobre la producción y transformación de la luz*. En él desarrollaba la hipótesis planteada años antes por Max Planck, y sugería que la luz no sería tanto el fenómeno continuo que describía la teoría ondulatoria como un conjunto de paquetes discretos o “cuantos” cuya energía dependía sólo de la frecuencia de la luz. Así, un haz de luz podía verse como un chorro de partículas que hoy conocemos como fotones, de tal forma que los fotones que forman los rayos X son más energéticos que los de la luz visible, y éstos más que los de las microondas. Que el haz de luz sea más intenso no quiere decir que sus fotones tengan más energía, sino simplemente que hay más fotones.

El efecto fotoeléctrico según Einstein

La propuesta de Einstein explicaba de forma sencilla el efecto fotoeléctrico y otras propiedades de la luz que se resistían a la descripción ondulatoria. Cuando un chorro de fotones de la misma frecuencia –y por tanto de la misma energía– llega a la superficie del metal, cada fotón que interacciona con un electrón le

(Continua en la página siguiente)

transmite siempre la misma cantidad de energía. Al aumentar la frecuencia de la luz los fotones tienen más energía, y por tanto los electrones salen eyectados a mayor velocidad. En cambio, si la luz es más intensa simplemente llegan más fotones capaces de arrancar más electrones, pero éstos no salen a mayor velocidad.

La explicación del efecto fotoeléctrico constituye el primer paso hacia una comprensión más elaborada de la naturaleza de la luz, un fenómeno que comparte características de las ondas y de las partículas. En este sentido, el artículo de Einstein tuvo una enorme influencia en el desarrollo de la física cuántica durante la primera mitad del siglo XX, y de hecho éste fue el trabajo por el que le fue concedido el Premio Nobel. Además, el efecto fotoeléctrico ha permitido explicar fenómenos tan diversos como la fotosíntesis de las plantas, el comportamiento de los materiales con los que se fabrican los microprocesadores o la acumulación de electricidad estática en la superficie de las naves espaciales. Por otra parte, su comprensión ha dado lugar a multitud de aplicaciones tecnológicas, desde paneles fotovoltaicos para la producción de energía eléctrica hasta fotómetros para cámaras fotográficas, detectores de presencia o mandos a distancia.



5. El movimiento browniano

A comienzos del siglo XX la química ya había aportado numerosas evidencias de que la materia se comportaba como si estuviese compuesta de átomos, partículas indivisibles que a su vez podían agruparse en moléculas. Sin embargo, los átomos resultaban demasiado pequeños como para ser observados, y a falta de pruebas concluyentes muchos científicos se resistían a aceptar que tuvieran existencia real, aunque los aceptaban como parte de un modelo teórico que parecía funcionar. Tal era el caso, por ejemplo, de Wilhelm Ostwald, a quien recordamos por haber introducido un concepto tan "atómico" como el mol. Así estaban las cosas cuando el 30 de abril de 1905 Albert Einstein completó su tesis doctoral, un trabajo en el que mostraba cómo calcular el tamaño de las moléculas a partir de su movimiento en una disolución. En lugar de tomarse un descanso –como haría cualquier otro estudiante– Einstein comenzó a trabajar inmediatamente en una descripción para el movimiento browniano, un fenómeno que se conocía desde hacía tiempo y que nadie había explicado de forma convincente. En 1827, el botánico Robert Brown había observado que las partículas de polen inmersas en agua se agitaban erráticamente, y repitiendo el experimento con partículas inertes descartó que la agitación se debiera a que el polen "estuviese vivo". Einstein intuyó que este fenómeno podía proporcionarle el respaldo experimental que necesitaba para confirmar la existencia de los átomos, y elaboró una teoría en la que el movimiento de las partículas de polen se describía como la consecuencia del impacto de las moléculas de agua. Tres años más tarde Jean Perrin, el fundador del *Palais de la Découverte,* corroboró experimentalmente las ideas de Einstein en su laboratorio de La Sorbona, confirmando de forma definitiva que la materia se compone de átomos.

Un mol de átomos

Del mismo modo que en una docena de huevos hay doce huevos, en un mol de átomos encontramos 6.022×10^{23} átomos, un número que se conoce como el número de Avogadro. Técnicamente, un mol es la cantidad de una sustancia química cuyo peso es su peso molecular expresado en gramos. Así, un mol de helio contiene 6.022×10^{23} átomos de helio y pesa 4 gramos. Un mol de hierro también contiene 6.022×10^{23} átomos de hierro, pero pesa 53 gramos. A pesar de que fue quien introdujo el concepto de mol, Wilhelm Ostwald no creyó que los átomos existiesen realmente hasta que leyó el artículo de Einstein sobre el movimiento browniano.

¿Son pequeños los átomos?

Los átomos tienen un tamaño estimado de 1 x 10^{-10} m, es decir, la décima parte de una milmillonésima de metro. Los objetos más pequeños que podemos distinguir a simple vista se encuentran en la frontera del milímetro, pero gracias a los microscopios electrónicos y a los avances en nanotecnología es posible construir y fotografiar un corral de átomos, como éste creado en los laboratorios de IBM.

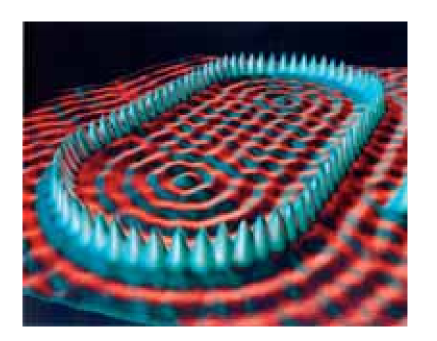


Figura 11: Imagen reproducida con el permiso de IBM Investigación, Almaden Centro de Investigación.

Un baile de moléculas

Robert Brown, quien por cierto animó a Darwin a emprender su famoso viaje en el *Beagle,* observó la agitación errática de partículas de polen suspendidas en agua. Puedes repetir su experimento, pero en vez de utilizar polen de *Clarkia pulchella,* que no es fácil de conseguir, hazlo con partículas de polvo de tiza. Además de una tiza –mejor si es de color–, necesitarás un microscopio de 100 aumentos, aceite de inmersión, portaobjetos, cubreobjetos, una espátula, y un vaso de agua.

Rasca la tiza sobre el agua hasta que se enturbie. Toma una gota de esa suspensión y colócala sobre el portaobjetos. Tápala con el cubreobjetos y observa al microscopio. Ve probando con los objetivos de menor a mayor aumento. Si con el de 100 aumentos no consigues observar la agitación de las partículas de tiza, retira el objetivo, pon una gota del aceite de inmersión sobre el cubreobjetos y vuelve a colocar el objetivo: gracias al aceite, ahora el microscopio funciona como si tuviese 1000 aumentos.

También puedes preparar suspensiones de partículas con substancias como la leche. Para conseguir agua con un pequeño número de partículas de leche en suspensión prueba con una proporción de 10 gotas de agua por cada una de leche. ¿Cómo puedes asegurarte de que lo que se mueve no son seres vivos unicelulares? ¿Qué tipo de sustancias serán buenas para realizar este experimento?.

Otra alternativa es recurrir a materiales de laboratorio, como microesferas de poliestireno o también algas o bacterias que carezcan de capacidad motora. ¿Crees que el tamaño importa?.



IV. LA HUELLA DE EINSTEIN

1. La aventura del pensamiento

“Lo esencial en la existencia de un hombre como yo es lo que piensa y cómo lo piensa; no lo que haga o sufra”

“Aquí estoy, a la edad de sesenta y siete años, con la idea de escribir algo así como mi propio obituario”

(Notas autobiográficas; 1946)

En 1946, cuando contaba 67 años de edad, Einstein escribió sus *Notas autobiográficas,* un texto sólo “relativamente” autobiográfico en el que nos revela la imagen que tenía de sí mismo y de su trabajo. Curiosamente, en lugar de centrarse en los hechos con los que suele resumirse una vida, su autor prefirió abordar una cuestión que para él era esencial: ¿Qué es en realidad “pensar”? Sus reflexiones al respecto nos permiten deducir que Einstein pensaba –además de mucho y bien– más en imágenes que en palabras, de modo que su intelecto era eminentemente visual. Además, concedía gran importancia a la imaginación y, especialmente, a la curiosidad, valorando la capacidad de preguntarse por el mundo que nos rodea, por no perder el asombro o “el sentido de lo maravilloso”, tal y como él lo definía. Estos aspectos de su inteligencia encajan a la perfección con su capacidad para imaginar experimentos mentales –sus famosos *gedankenexperimenten*– como el que a la edad de dieciséis años le llevó a imaginarse alejándose a la velocidad de la luz de la torre del reloj de su ciudad. Supuso que el reloj le parecería estar parado, puesto que él viajaba junto a la luz que portaba la imagen reflejada por las manecillas de la esfera. También se preguntó cómo vería el rayo de luz al que acompañaba, y lo visualizó como una onda estacionaria con sus crestas y valles estáticos, aunque una onda así no podría existir según las leyes del electromagnetismo de Maxwell. El “inocente” experimento mental de un viaje a la velocidad de la luz le reveló una contradicción dentro de la física clásica, de modo que o bien las ecuaciones del electromagnetismo de Maxwell eran erróneas, o lo que fallaba era la mecánica newtoniana. Esta contradicción le persiguió hasta que en 1905, diez años más tarde, logró formular la Teoría de la Relatividad Especial.

“No me cabe duda de que el pensamiento se desarrolla en su mayor parte sin el uso de signos (palabras), y además de forma inconsciente”

(Notas autobiográficas; 1946)



Piensa antes de responder:

Y tú, ¿Cómo piensas? Analiza tu forma de pensar.

“Cuando examino la forma en que pienso, llego a la conclusión de que el regalo de la imaginación ha significado para mí más que el talento para absorber el conocimiento absoluto”

(Citado por Ryan en Einstein and the Humanities)





Figura 12: Dibujo de Einstein por Low.

Figura 13: Einstein sentado pensativamente en un barco.

Pizarractionary

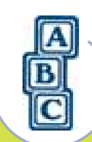
Una divertida forma de pensar en imágenes es jugar al Pictionary. Para ello sólo necesitáis un voluntario que salga a la pizarra a dibujar una "palabra" mientras los demás tratáis de adivinar cuál es.

"La monotonía de una vida tranquila estimula la creatividad de la mente"

(1933)

La ciencia de los jeroglíficos

Cada uno de vosotros debe inventar un jeroglífico –entendido desde el punto de vista de los pasatiempos, no de los egipcios– que oculte "algo" relacionado con la ciencia, como el nombre de un científico o una disciplina. Una vez que todos tengáis el vuestro, haced fotocopias para que cada uno intente resolver los de los demás. ¿Por cuál votaríais como el más ingenioso?.

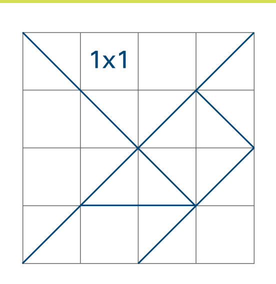


Combínalas a voluntad

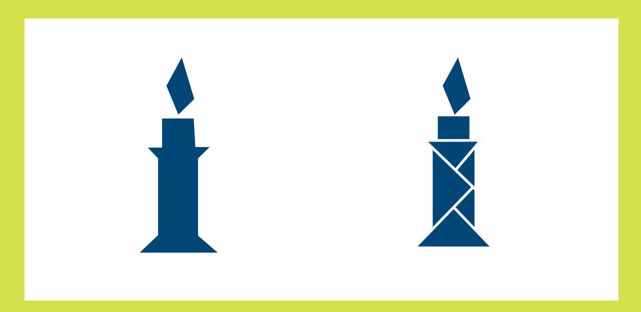
"Las palabras o el lenguaje, ya sea escrito o hablado, no parecen desempeñar ningún papel en mi mecanismo de pensamiento. Las entidades psíquicas que parecen servir como elementos del pensamiento son algunos signos e imágenes más o menos claras que pueden ser producidas y combinadas a voluntad" (1945).

Esta cita de Einstein con la que, un año antes de sentarse a escribir su autobiografía, trataba de explicarle al matemático Jacques Hadamard cómo funcionaba su pensamiento, da mucho más juego de lo que pueda parecer *a priori,* en especial cuando se refiere a algunas imágenes que pueden ser producidas y combinadas a voluntad. Igual –o casi– que el *Tangram,* un puzle originario de China y que consiste en crear figuras a partir de un conjunto de siete piezas denominadas "tans" que se deben combinar entre sí. Pero lo primero es lo primero, así que crea tu conjunto de siete "imágenes":

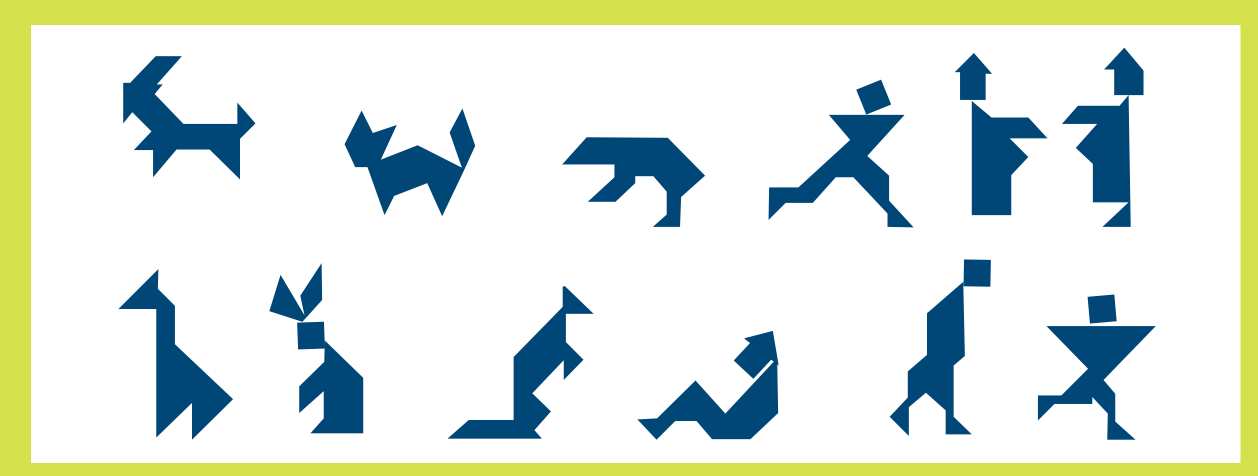
Teniendo en cuenta que cada figura debe incorporar todos los "tans" y que éstos no pueden superponerse entre ellos, prueba a combinarlas a voluntad para obtener las siguientes figuras. Inspírate con el ejemplo que se ofrece y recuerda que el *Tangram* es un juego abierto en el que puedes "pensar" tus propias creaciones y retar con ellas a tus compañeros.

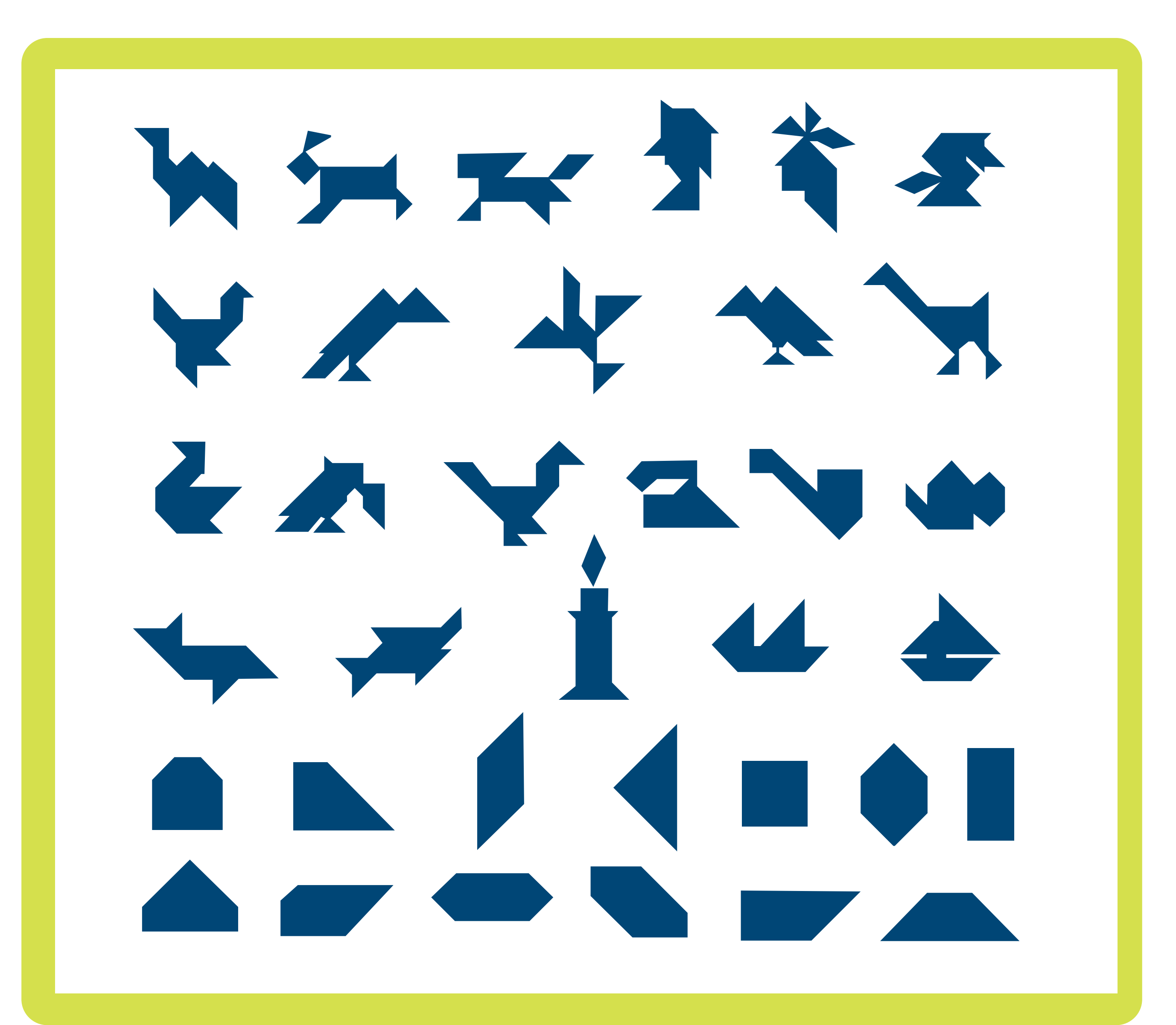


El ejemplo:



Las figuras:





2. Un viaje en el tiempo

"Si empezase a preocuparme por mi aspecto dejaría de ser yo mismo…así que al infierno con ello. Si te parezco tan poco apetecible, entonces búscate a un amigo que se ajuste a tu gusto femenino. Pero yo continuaré sin estar preocupado por ello, lo cual seguramente tiene la ventaja de que me dejarán en paz muchos que de otra manera vendrían a verme. Tu honrado y sucio Albert"

(Carta a su futura segunda esposa Elsa en diciembre de 1913)

Planteemos un sencillo experimento mental: cierra los ojos y trata de visualizar mentalmente el concepto de genio científico. Es probable que la imagen que te ha surgido sea la de un viejo afable, de largos y blancos cabellos despeinados y hasta es posible que esté sacando la lengua. Es decir, la típica imagen de Einstein en sus años de vejez. La paradoja reside en que su etapa de mayor genialidad corresponde a 1905, el ***annus mirabilis*** einsteiniano, por lo que la imagen del genio debiera acercarse más a la del convencional funcionario de la oficina de patentes de Berna: joven, trajeado y con la cabellera sometida. Un aspecto mucho menos impactante que justifica el que cuando el físico Max von Laue –uno de los primeros seguidores de la Relatividad– visitó en 1906 la oficina de patentes para conocer al padre de la criatura, ni siquiera reparase en su anónimo progenitor. Queda claro que esa tampoco era la imagen mental que Von Laue se hacía del genio científico.

La explicación a la aparente paradoja es que aunque el genio de Einstein se manifestó con toda su intensidad en 1905, tardó algunos años en alcanzar el reconocimiento de parte de sus colegas y del gran público. Sólo entonces pudo hacer de su capa un sayo y comenzó a cultivar un aspecto más bohemio, o si se prescinde de eufemismos, más desaliñado, caracterizado por su descuidada cabellera. Así, en 1911 su estatus en el mundillo científico ya le permitía presentarse en la recepción oficial que la Universidad de Praga le había preparado con una pinta tan informal que fue confundido con un electricista. Y en 1920, cuando alcanzó fama mundial, su cabello ya estaba lo suficientemente crecido y alborotado como para convertirse en un símbolo de las revolucionarias ideas que se escondían debajo de ella. El descuidado aspecto que Einstein luciría hasta el final de su vida tiene un poco de pose y un mucho de la naturaleza del físico. De pose porque Einstein gustaba de presentarse a sí mismo como un hombre sencillo, lo que le permitía ganarse a la gente; pero a la vez como un "tipo raro", lo que le ayudaba a mantener las distancias. Pero lo cierto es que su presencia reflejaba su naturaleza descuidada y la poca atención que prestaba a su aspecto externo, e incluso al aseo personal. Ni siquiera la insistencia de Elsa, su segunda esposa, dio resultados y pronto descartó usar el peine que ella le había regalado para que controlase a su "erizada amiga", renunciando además a limpiarse los dientes con la excusa de que las cerdas del cepillo podían perforarlos. Irónicamente, su desaliño es uno de los motivos del tirón popular de Einstein, y con el tiempo se ha convertido en una de las características del estereotipo contemporáneo –o al menos de uno de ellos– del genio científico.



Figura 14: 1905

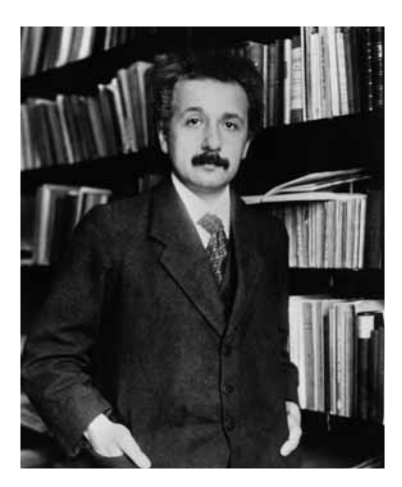


Figura 15: 1910

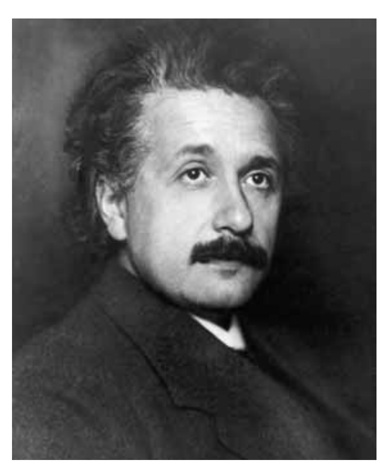


Figura 16: 1916

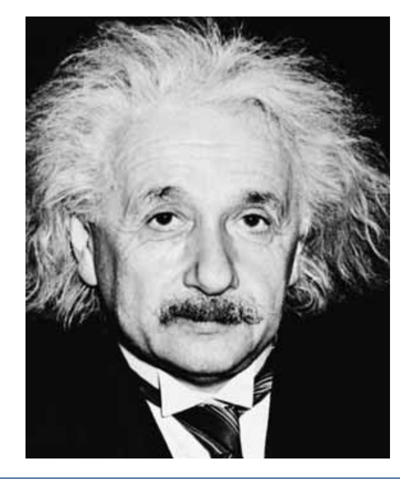


Figura 17: 1930

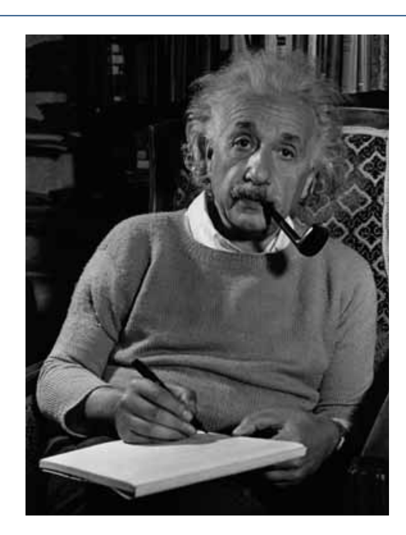


Figura 18: 1940

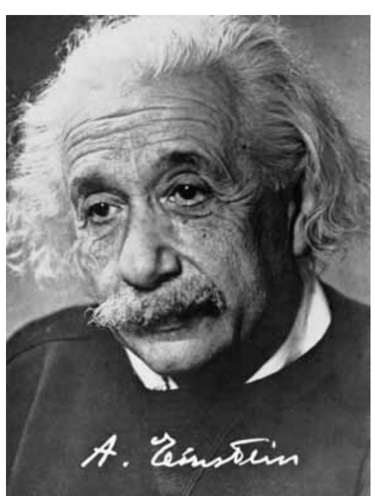
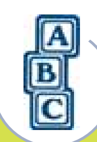


Figura 19: Retrato autografiado de Einstein.

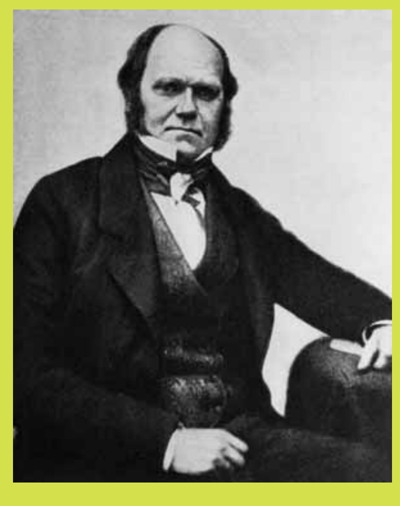


Científicos atemporales

El caso de Einstein es uno de los ejemplos más claros de que tendemos a asociar el nombre de un científico al aspecto que tenía en su mayor momento de gloria, pero no es el único. Por ejemplo, todos tenemos en mente la imagen de Charles Darwin como un respetable anciano de frondosa barba, o la de un joven Newton "justo" después de haber enunciado su ley de la gravitación. Y lo mismo sucede en otros ámbitos, sin ir más lejos en el de los divulgadores científicos, donde Asimov siempre será ese tipo con gafas de miope, enormes patillas y corte de pelo modelo Lobezno (el de los *X-men).* Pero, ¿cuál era el aspecto del joven Darwin? ¿Cómo era Newton de viejo? ¿Y Asimov antes de "convertirse" en Asimov? A continuación encontrarás retratos de famosos científicos y divulgadores en etapas de su vida distintas a las que han quedado inmortalizadas como su imagen pública ¿Eres capaz de identificarlos?.



a)



b)



c)

Estereocientíficos

En la actualidad, y gracias a que vivimos en una sociedad eminentemente audiovisual ,existen varios y variopintos estereotipos de científico. El "comprometido héroe de acción" (como los protagonistas de las películas *El Núcleo y El día de mañana);* el "malvado que ansía dominar el mundo" (Dr. No, Dr. Octopuss); el modelo "he creado un monstruo" (Dr. Jekyll, Bruce Banner –Hulk antes de perder el contro–); el despistado (el Profesor chiflado, el profesor Tornasol de Tintín); el inventor (Q, el Profesor Bacterio); el científico al servicio de la ley (Scully, Grissom)…¿Se te ocurre algún otro arquetipo? ¿Qué transmite cada uno de ellos? Busca más ejemplos de científicos de ficción que encajen en cada una de estas categorías. ¿Conoces científicos reales cuya imagen corresponda a la de estos estereotipos? ¿A cuál de ellos crees que se acerca más el científico medio?.

"Siempre he amado la soledad, un rasgo que tiende a incrementarse con la edad"
(1952)

Carácter-ístico

El aspecto físico no es lo única diferencia entre el joven Albert y su veterano "gemelo", ya que el paso del tiempo y los acontecimientos también cambiaron su carácter. La etapa *mirabiliosa* pilló a Einstein veinteañero, con todas las virtudes y pecados de juventud que eso conlleva: era arrogante, confiado y seguro de si mismo; rebelde y con ganas de comerse el mundo, y en la intimidad y según los que le conocieron en aquel tiempo, jovial, charlatán –aunque siempre con un punto de reserva–, amante de las bromas y con un corrosivo sentido el humor. Por el contrario, el sabio anciano se volvió mucho más reservado, se sentía cómodo con la soledad y el aislamiento; cada vez se cuestionaba más sus propias ideas y dudaba de lo acertado de muchas de las decisiones que había tomado. Conservó su sentido del humor, pero ahora teñido de amargura y melancolía, y también su espíritu rebelde, aunque con un poso cada vez mayor de pesimismo.

No pesan los años, pesa el pesimismo

¿Es cierto que la edad nos hace, además de más viejos, más pesimistas? Pregúntale a tus hermanos, a tus padres y a tus abuelos si creen que la humanidad mejorará en los próximos 10 años. Y ellos, ¿se ven mejor dentro de diez años? ¿Cambiamos porque somos más sabios o porque cambian nuestras expectativas?.

"El adulto normal nunca molesta a su cabeza con problemas espaciotemporales. Cualquier cosa que puedan pensar al respecto, en su opinión, ya ha sido pensada en su infancia. Por el contrario, yo me desarrollé tan despacio que sólo comencé a maravillarme con el espacio y el tiempo cuando me estaba haciendo un hombre. En consecuencia he profundizado más en el problema de lo que lo habría hecho un niño ordinario"

(Recogido por Seeling en Helle Zeit, Dunkle Zeit)

Los "gemelos" golpean dos veces

Existe una versión aún más surrealista de la "otra paradoja de los gemelos" representada por *BabyEinstein,* una compañía que comercializa productos educativos (CDs DVDs, libros y juguetes) para niños de hasta dos años. La empresa se ha especializado en fomentar su curiosidad y estimular sus capacidades en campos como el arte, la música o el lenguaje; y precisamente por ello "adoptó" el apellido Einstein dado que el gran científico personifica la curiosidad, el amor por el arte y la pasión por el descubrimiento. La paradoja reside en que el pequeño Albert no fue lo que se dice un prodigio de precocidad, sobre todo en el área del lenguaje, sino más bien todo lo contrario: no comenzó a hablar hasta los tres años, para gran alivio de sus padres que a esas alturas temían que sufriese algún retraso. La preocupación no se les quitó del todo hasta que a los siete años el niño por fin se libró del vicio de repetir, varias veces y en voz baja, cada frase que decía. Eso sí, una vez que empezó a hablar parece que le cogió gusto, o al menos eso se desprende de la advertencia que en cierta ocasión le hizo su colega Max von Laue a un amigo que en 1912 iba a visitar a Einstein, que ya había comenzado a soltarse la melena. "Deberías tener cuidado en que no siga hablando hasta que te mueras. Le encanta hacerlo, ¿sabes?".

De vuelta a la paradoja, la solución llegó cuando la compañía lanzó al mercado una nueva línea de productos que bajo la denominación de *Little Einstein* se dirige a niños de 3 a 6 años, el intervalo de edades en los que Einstein comenzó a dar sus primeras muestras de curiosidad y afán por descubrir.



Figura 20: Albert Einstein con una marioneta de sí mismo.

Curiosea en tu pasado

Investiga, preguntando a quien pueda saberlo, cuándo empezaste a hablar y cuáles fueron tus primeras palabras. ¿Y tus primeras preguntas e inquietudes? ¿A qué edad diste tus primeros pasos? Compara estos datos con los de tus compañeros de clase.

"Lo importante es no cesar de preguntarse cosas" (1955)

¿Por qué? ¿Por qué?

La curiosidad, cuestionar el mundo que nos rodea, no sólo es un gesto típicamente humano sino que constituye el fundamento de la ciencia. ¿Cuándo fue la última vez que te preguntaste el porqué de algún fenómeno? Si fue hace ya demasiado tiempo -y dado que el tiempo es relativo esto lo tienes que valorar tú- ahora tienes la oportunidad de remediarlo. Echa un vistazo a tu alrededor y plantéate el por qué de cinco cosas que nunca te habías cuestionado hasta ahora. Comparte estas preguntas con tus compañeros y elaborad una lista. ¿Coincidís en muchas o la curiosidad también es relativa?.

¡Qué mala es la curiosidad!

Busca y analiza tópicos negativos sobre la curiosidad: ¿por qué la curiosidad mató al gato?, ¿por qué la curiosidad es un vicio femenino?, ¿por qué…?.

"Cuando era joven descubrí que el dedo gordo siempre acaba haciendo un agujero en el calcetín. Así que dejé de ponerme calcetines"

(Recogido por Philippe Halsman en Einstein: A Centenary Volume)

"El profesor nunca se pone calcetines. Ni cuando fue invitado por Mr. Roosevelt a la Casa Blanca se los puso"

(Helen Dukas)

Einsteintricidades y calcetines

Aparte de su cabellera, entre las excentricidades que contribuyeron a convertir la imagen y la figura de Einstein en un símbolo destacan:

☐ 1. Su decisión de no usar calcetines siempre que no fuera estrictamente necesario.

☐ 2. La costumbre de acudir a todas partes acompañado de su violín.

☐ 3. La negativa a tener coche por considerarlo un lujo innecesario, lo cual no impedía que en su vejez le gustase que sus amigos y conocidos le paseasen en sus vehículos.

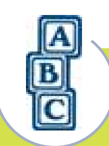
☐ 4. El apego por la ropa vieja y holgada.



Figura 21: ¡Menudas pintas!.



Figura 22: Einstein con Census Taker sin calcetines.



Testcentricidades

(Test de excentricidades de científicos famosos)

1. Tenía un cajón en su escritorio lleno de petardos prestos para ser lanzados a la menor oportunidad:

- ☐ a. Alfred Nobel.
- ☐ b. John Wheeler.
- ☐ c. Enrico Fermi.

2. Bebía leche cortada todos los días:

- ☐ a. Ilya Mechnikov.
- ☐ b. Louis Pasteur.
- ☐ c. Ramón y Cajal

3. Le encanta cruzar apuestas sobre cuestiones físicas tan bizarras como el comportamiento de lo agujeros negros, los viajes en el tiempo, etc.

- ☐ a. Edwin Hubble.
- ☐ b. Stephen Hawking.
- ☐ c. Pedro Duque.

4. Sentía aprensión por los pendientes de perlas:

- ☐ a. Isaac Newton.
- ☐ b. Jacques Cousteau.
- ☐ c. Nicola Tesla.

5. Entre sus "peculiares" aficiones figuraban la de tocar los bongos y el tambor o visitar clubes de striptease…

- ☐ a. Richard Feynman.
- ☐ b. Francis Crick.
- ☐ c. James Watson.

"No me gusta la ropa nueva ni las nuevas clases de comida"

(1920)

"Sería triste que el envoltorio fuese mejor que la substancia que contiene"

(The New York Times,
el día después de la muerte de Einstein,
en referencia a su visible desinterés
por su aspecto externo)

2.1. Una cuestión de imagen

Abundando en lo dicho en el punto anterior, Einstein sentía un especial apego por la ropa vieja y holgada, como queda demostrado en esta imagen. El retratado, al verla, no pudo evitar bromear sobre el deplorable estado de su vestimenta y, en especial, de los enormes pantalones que amenazaban con caerse de un momento a otro.

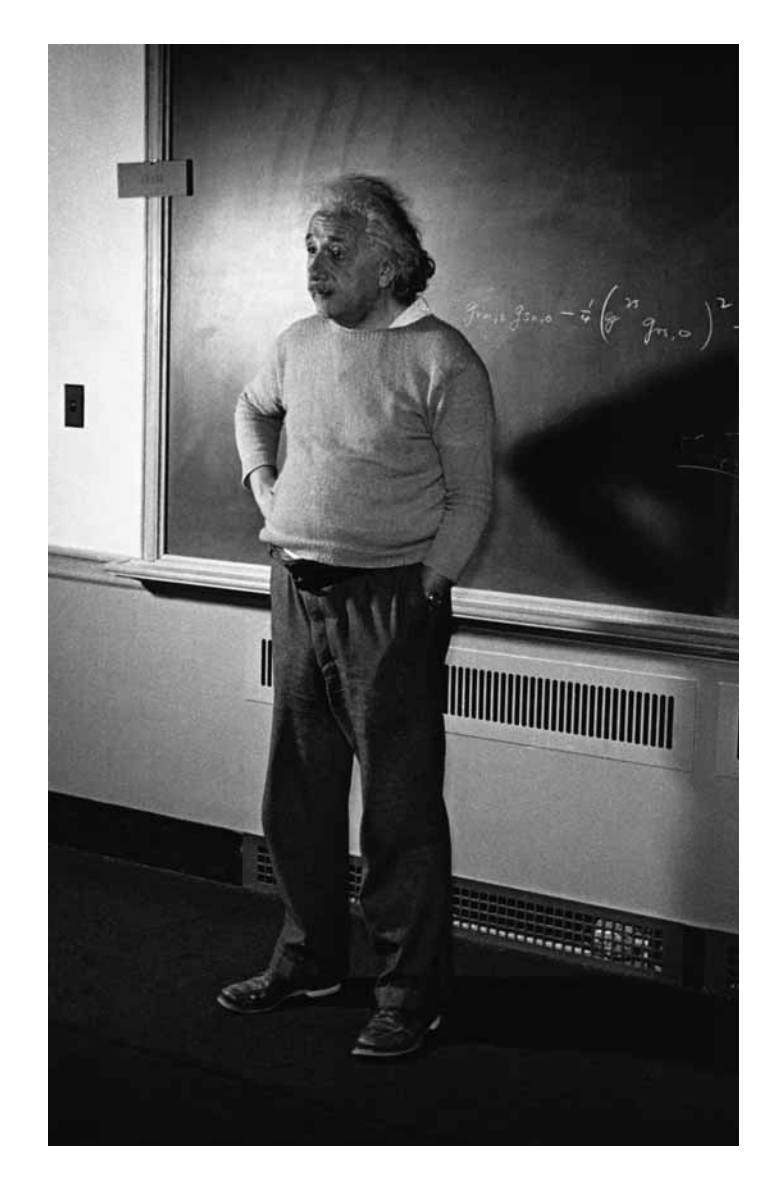


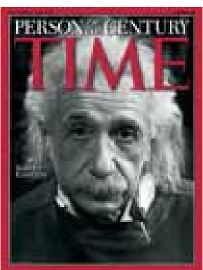
Figura 23:
¡Los pantalones tienen por lo menos tres tallas más!.

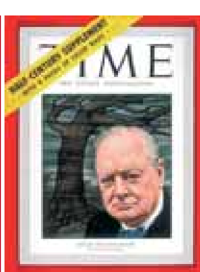
As *Time* goes by

La tercera y última, por el momento, versión de la otra paradoja de los gemelos fue formulada por la revista estadounidense *Time,* que en su número de diciembre de 1999 escogió a Einstein como "personaje del siglo" por delante de Franklin Delano Roosevelt y Mahatma Gandhi. Los responsables de la revista argumentaron que el siglo XX será recordado, sobre todo, por sus enormes avances científicos y tecnológicos, y Einstein es el mejor exponente de ello. Hasta aquí nada que objetar. La paradoja surge cuando se repara en que en 1950, sólo cinco años antes de la muerte de Einstein y

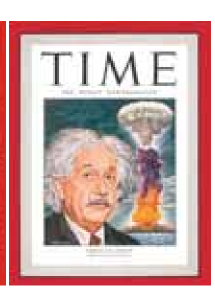
cuando éste ya hacia tiempo que había hecho todo lo que tenía que hacer, los responsables de *Time* eligieron como "personaje de la primera mitad del siglo" a Winston Churchill, quien cuarenta y nueve años después ni siquiera aparecería entre los finalistas.

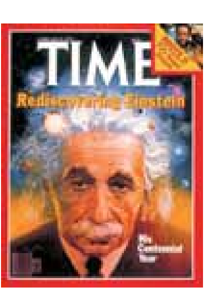
Para esta paradoja existen, no obstante, unas cuantas explicaciones. Primera: los editores de la revista *Time* no eran los mismos en 1999 que en 1950. Segunda: en 1950 el prestigio de Einstein pasaba por un periodo de vacas flacas. A nivel profesional había perdido crédito entre sus colegas por su distanciamiento y oposición a las nuevas teorías físicas, mientras que a nivel popular le pasaban factura su vinculación con la creación de la bomba atómica y el dedo acusador del senador McCarthy (Véase El salto a la fama). Tercera: gran parte de las confirmaciones experimentales de las predicciones de Einstein, sobre todo las que se basaban en la Teoría General de la Relatividad, no se alcanzaron hasta la segunda mitad del siglo. Y cuarta y más importante: la toma de conciencia de que el siglo XX es un siglo capitalizado por la ciencia no se produjo hasta su segunda mitad. Más aún, si incluso desde la perspectiva actual analizamos las primeras décadas del siglo pasado resulta incuestionable que este periodo será recordado por las dos guerras mundiales. Y en ellas, en especial en la segunda, Churchill jugó un papel decisivo. Pero el tiempo pasa y pone a cada uno en su sitio. You must remember this…









Acontecimientos y personajes

¿Cuáles creéis que han sido los tres acontecimientos científicos más importantes del siglo XX? ¿Y los de los últimos seis años? ¿Y cuáles diríais que van a ser los más importantes en la primera mitad del siglo XXI? De los resultados de la clase podréis deducir cuál es vuestra imagen de la ciencia. ¿Tenéis una visión pesimista sobre el pasado? ¿Mejora respecto al futuro? ¿Qué pensáis de la ciencia del presente?.

Elaborad vuestra propia lista con los personajes más importantes del siglo XX y otra sólo con los de su primera mitad. ¿Coinciden? ¿Qué criterios habéis aplicado en vuestra elección? Haced ahora una lista con los personajes más relevantes del último lustro. A la vista de esta última, ¿podéis predecir cómo y por qué será recordada la primera mitad del siglo XXI?.

El hombre del Tiempo *(Time)*

Cada doce meses la revista *Time* escoge al personaje del año (en ocasiones al de la década e incluso al del siglo o del medio siglo) y le dedica su portada. Esto nos permite seguir la evolución de los acontecimientos de un "vistazo", ojeando las portadas de estos números especiales. Aquí se presentan unas cuantas. ¿Reconoces al protagonista de cada una?.



2.2. La foto de la lengua

Casi todo el mundo ha visto alguna vez esta fotografía de Einstein, pero pocos conocen los motivos que le llevaron a posar de esta guisa. Todo ocurrió el 14 de marzo de 1951 tras la fiesta de celebración de su septuagésimo segundo cumpleaños. El director del Instituto de Estudios Avanzados de Princeton y su esposa le acompañaban a su domicilio, donde un nutrido grupo de fotógrafos aguardaba su llegada. Sin abandonar el asiento trasero del vehículo, el homenajeado les pidió que le dejasen tranquilo, y como los reporteros insistieron en que posase para un retrato de cumpleaños, Einstein no tuvo mejor ocurrencia que sacarles la lengua a modo de un (foto)gráfico "sí hombre, y qué más", instante que fue inmortalizado por uno de los paparazzi. La fotografía le hizo tanta gracia que tras recortarla para que sólo se le viese a él la utilizó como tarjeta de felicitación para sus amigos.

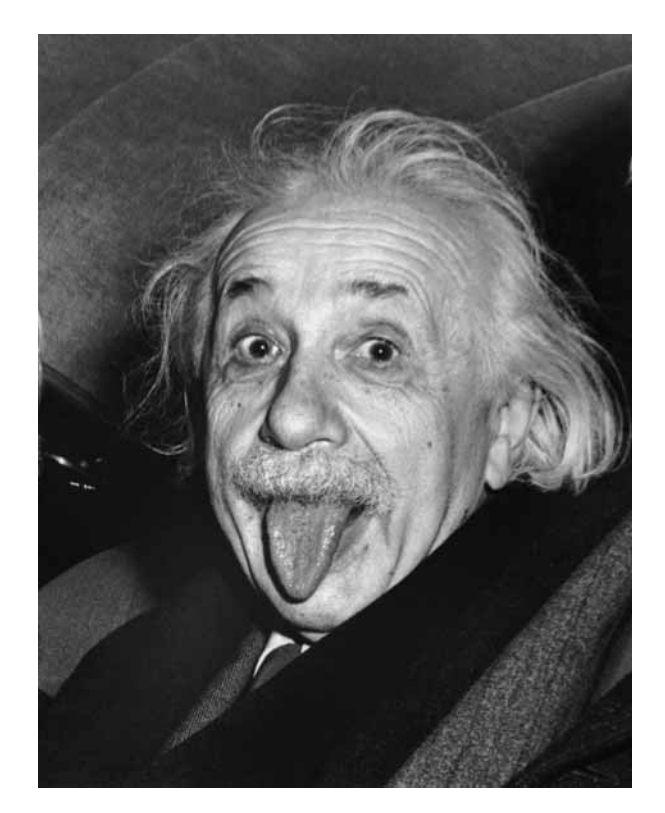


Figura 24:
Fotografía recortada de la lengua.

Permíteme que me presente

Busca en tu álbum de fotos una imagen que refleje un momento de felicidad, de enfado o de tristeza ¿Cuál de todas esas imágenes crees que te define mejor como persona? Prueba a fotocopiar alguna y recórtala para cambiarle el significado. También puedes emular a Einstein y preparar una fotografía de presentación. Pregunta a tus compañeros si dicha fotografía refleja la imagen que tienen de ti.

Fotoperiodismo

Los periódicos utilizan las fotografías para dar más información sobre una noticia, aunque a veces una imagen no dice mucho…o puede decir lo que uno quiera. Escoge en el periódico de hoy una fotografía, recórtala y preséntala a tus compañeros para que le pongan un titular, y luego compara sus propuestas con el titular real. ¿Eres capaz de encontrar una fotografía que parezca sugerir una cosa y la contraria? ¿Puedes recortar alguna para que transmita lo opuesto a su intención original?.

"Déjame que te describa mi aspecto: cara pálida, pelo largo y una pequeña e incipiente barriga. Súmale una complicada forma de andar, un cigarrillo en la boca y un bolígrafo en el bolsillo o en la mano"

(Carta a su prima de 8 años Elisabeth Ney en septiembre de 1920)

Te dejamos que describas su aspecto

Describe de la forma más sucinta posible (en tres líneas o cincuenta palabras, que es la extensión aproximada de la autodescripción precedente de Einstein) los rasgos que consideras definitorios del aspecto y las peculiaridades de uno de tus compañeros, sin mencionar en ningún momento quién es el retratado. Lee tu descripción al resto de la clase para ver si son capaces de adivinar de quién se trata.

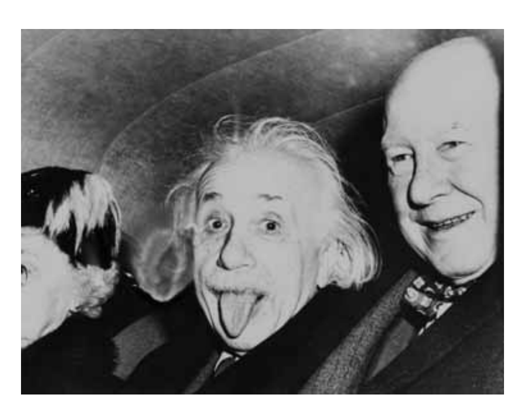


Figura 25:
Fotografía original de la lengua.
Albert Einstein con el director del Instituto de Estudios Avanzados de Princeton y su esposa.

3. La mala educación

"Es casi un milagro que los modernos métodos de enseñanza todavía no hayan estrangulado totalmente la sagrada curiosidad de investigar; porque este delicado germen necesita, además de estímulo, libertad"

(Citado por Cline en Men who made a new physics)

¿Fue Einstein un mal estudiante? Sí y no. Si por "malo" se entiende mediocre, limitado o simplemente que sacaba malas notas, la respuesta es un categórico no: siempre obtuvo muy buenas calificaciones. Pero si por malo se entiende problemático o conflictivo, entonces la cosa cambia. La trayectoria "escolar" del pequeño Albert comenzó a los cinco años de edad con una profesora particular por expreso deseo de su madre, quien albergaba grandes planes para su vástago. Merced a ello, cuando al año siguiente tuvo que ingresar en la escuela primaria *Petersschule* de Munich pudo acceder directamente al segundo grado, aunque por su edad no le correspondía. Eso no fue impedimento para que lograse magníficas notas, y si nos atenemos a lo que afirmaba su madre en diversa cartas, era el mejor alumno de su clase.

Tres años después, en el otoño de 1888, Einstein ingresó en el renombrado *Luitpold Gymnasium* de Munich, donde se mostró como un avezado estudiante en todas las disciplinas –en especial en matemáticas y ciencias–, con excepción de la gimnasia. Y fue allí también donde dio las primeras muestras de su carácter rebelde, al no aceptar lo que consideraba un aberrante sistema de enseñanza basado en el aprendizaje memorístico y una disciplina casi militar. Este inconformismo llevó a que su profesor de griego le dijese que "nunca llegaría a nada", mientras que otro de sus maestros le sugirió que abandonase la escuela, ya que su mera presencia afectaba al respeto que mostraban los demás alumnos. Y eso fue exactamente lo que hizo a principios de 1895. Unos meses antes su familia se había trasladado a Italia, donde su padre pretendía montar un nuevo negocio mientras él permanecía en una pensión muniquesa a fin de no interrumpir su escolarización. Pero a mitad de curso y sin consultárselo a nadie –si acaso a la almohada–, Einstein tomó la determinación de abandonar la escuela un año y medio antes de completar sus estudios. Se las ingenió para conseguir un certificado médico en el que se mencionaban ciertos problemas nerviosos que recomendaban la vuelta con su familia; lo presentó en el gymnasium y marchó a Italia a reunirse con sus padres, quienes se llevaron una ingrata sorpresa al verle aparecer convertido en un fracasado escolar.

Einstein logró enfriar los caldeados ánimos de sus progenitores asegurándoles que deseaba seguir con sus estudios. Así, y tras unos meses de gozosa formación autodidacta, en el otoño de 1895 logró presentarse a las pruebas de acceso a la prestigiosa Escuela Politécnica Federal de Zurich –más conocida como–, pese a que tenía dos años menos que la edad oficial de acceso y carecía de la titulación requerida. Sin embargo no consiguió superar los exámenes, y si nos fiamos de su testimonio, el motivo volvió a ser la rebeldía: como sus padres le habían impuesto el estudio de una carrera técnica en lugar de una más teórica, como era su deseo, sólo preparó las materias que le interesaban. El resultado fue que suspendió la prueba debido a que flaqueó en las preguntas de "cultura general". Pero destacó tanto en las de matemáticas y ciencia que el profesor de física de la ETH, Heinrich Weber, le invitó a asistir como oyente a sus clases. Sin embargo, al final prevaleció el consejo del director de la Escuela, quien le recomendó que acabase sus estudios de secundaria y volviese a intentarlo al año siguiente. Ese mismo otoño se matriculó en la escuela de secundaria de Aarau, un centro progresista que ofrecía a sus estudiantes bastante auto-

nomía y que además contaba con unos magníficos laboratorios en los que Einstein pasó gran parte del tiempo investigando sobre la teoría del electromagnetismo de Maxwell, que en aquella época no se explicaba en casi ninguna universidad.

El curso siguiente se matriculó por fin en la ETH, ingresando en la sección que preparaba a los futuros profesores de física y matemáticas. Allí volvió a desquiciar a sus maestros al faltar a numerosas clases –incluso a las consideradas "de asistencia obligatoria"– y dedicar su tiempo a trastear en el laboratorio y a estudiar por su cuenta los temas que le interesaban. Weber, el mismo que le había invitado como oyente, llegó a recriminarle que, aún siendo muy inteligente tenía el grave defecto de que nunca dejaba que nadie le dijese nada. Este defecto no impidió que en julio de 1900 Einstein fuese uno de los cuatro alumnos de su sección que obtuvo el título, aunque seguramente sí tuvo mucho que ver en que fuese el único de los cuatro al que ninguno de sus profesores aceptó como ayudante. Eso, y también el hecho de que tenía el peor expediente del cuarteto. (Véase Una agitada trayectoria profesional).

> *"El valor de la educación en una escuela liberal no es el aprendizaje de muchos datos sino el entrenamiento de la mente para pensar algo que no puede ser aprendido de los libros de texto"*
>
> *(1921)*

Certificado de estudios

Estas son las calificaciones que Einstein obtuvo en la escuela secundaria de Aarau (Suiza), correspondientes al último curso (sobre una puntuación máxima de 6):

Alemán: **5**

Geometría: **6**

Francés: **5**

Geometría descriptiva: **6**

Inglés: -----

Física: **6**

Italiano: **5**

Química: **5**

Historia: **6**

Historia Natural: **5**

Geografía: **4**

Dibujo artístico: **4**

Álgebra: **6**

Dibujo técnico: **4**



Calificaciones

Einstein se licenció en julio de 1900 en la ETH con las siguientes calificaciones (sobre una puntuación máxima de 6):

Física teórica: **5**

Física experimental: **5**

Astronomía: **5**

Teoría de funciones: **5,5**

“Muchos profesores malgastan el tiempo haciendo preguntas para descubrir lo que un alumno no sabe, cuando el verdadero arte de preguntar tiene como fin conocer lo que el alumno sabe o es capaz de saber”

(1920)

Qué arte más grande tienes

A tenor de la cita anterior, ¿crees que tus profesores son unos “artistas”, es decir, que formulan las preguntas apropiadas o por el contrario malgastan su tiempo y el tuyo?

¿Piensas que es fácil formular las preguntas adecuadas? Métete en la piel de tus profesores –sólo en un sentido figurado– y redacta una serie de preguntas que tengan como fin conocer lo que tus compañeros son capaces de saber.

Un poco de cultura general

La primera vez que Einstein se presentó, con dieciséis años, al examen de acceso a la ETH, suspendió debido a los malos resultados obtenidos en la parte de "cultura general". Las comillas advierten que por cultura general han de entenderse las materias que no le interesaban, porque en las otras (física y química) obtuvo excelentes resultados.

En el siguiente examen de cultura general debes descartar el intruso presente en cada uno de los cuartetos.

1.	☐ Aramis	☐ Athos	☐ Portos	☐ Dogos
2.	☐ La pirámides de Gizeh	☐ La gran muralla china	☐ Los jardines	☐ El coloso de Rodas colgantes de Babilona
3.	☐ Pirita	☐ Oropimente	☐ Cinabrio	☐ Spirulina
4.	☐ Varga Llosa	☐ García Márquez	☐ Saramago	☐ Gunther Grass
5.	☐ Estonia	☐ Moldavia	☐ Lituania	☐ Letonia
6.	☐ Buenos Aires	☐ Montevideo	☐ Río de Janeiro	☐ Bogotá
7.	☐ Trilobite	☐ Celacanto	☐ Nematodo	☐ Oropéndola
8.	☐	☐	☐	☐
9.	☐ Guisantes	☐ Judías	☐ Coles	☐ Lentejas
10.	☐ Selenio	☐ Iridio	☐ Cobalto	☐ Paladio
11.	☐ Las Ardenas	☐ Trafalgar	☐ Waterloo	☐ Orleans
12.	☐ Europa	☐ Caronte	☐ Calisto	☐ Ganimedes
13.	☐ Prolina	☐ Glicina	☐ Cobalamina	☐ Arginina
14.	☐ Ácido aspártico	☐ Ácido palmítico	☐ Ácido oleico	☐ Ácido laurico
15.	☐ Ataulfo	☐ Teodorico	☐ Federico	☐ Recesvinto
16.	☐ Everest	☐ Aconcagua	☐ K2	☐ Annapurna
17.	☐ La Pastoral	☐ La Novena	☐ La Heroica	☐ La Inacabada
18.	☐ Lobo	☐ Dingo	☐ Hiena	☐ Coyote
19.	☐ Atenas	☐ Moscú	☐ Madrid	☐ Berlín
20.	☐ 1	☐ 64	☐ 361	☐ 729

Plan de estudios alternativo

Durante gran parte de su formación académica Einstein siguió un "plan de estudios alternativo" consistente en leer e investigar por su cuenta sobre aquellos temas que le interesaban. Analizad vuestro plan de estudios actual y elaborad uno alternativo en el que incluyáis aquellos temas o materias que os interesan y que en el programa oficial no se tocan, al tiempo que suprimís los que consideráis prescindibles. ¿Varía mucho vuestro plan de estudios "soñado" con respecto al que os toca vivir? ¿A qué creéis que se deben las diferencias?.

"Sería mejor que empezases a enseñar a otros sólo después de haber aprendido tú algo"

(En respuesta a un chaval de 12 años que le envió un artículo en 1928)

Hoy organizáis vosotros

Al hilo de la anterior, una interesante actividad complementaria consiste en que el profesor de física (por ejemplo) ceda una hora al mes de la asignatura a sus alumnos para que, bien de forma individual o bien por grupos, se encarguen de organizar e impartir una clase. Para ello los alumnos deben escoger un tema que no figure en el programa oficial (¿tal vez temas de actualidad científica?), prepararlo, exponerlo y buscar experimentos y actividades relacionadas con él.

De mayor quiero ser...

A la edad de 16 años, en un ejercicio de clase de francés, se le pidió a Einstein y a sus compañeros que explicasen qué les gustaría estudiar y por qué. Einstein escribió lo siguiente: "Me gustaría estudiar matemáticas o física. Por encima de todo está mi disposición personal para la reflexión abstracta y matemática, mi falta de imaginación y de talento práctico. Mis inclinaciones me conducen también a esta decisión. Lo cual es muy natural; a uno siempre le gusta hacer aquellas cosas para las que tiene talento. Y además existe una cierta independencia en la profesión científica que me place mucho".

Es vuestro turno. Redactad un conciso ensayo en el que expliquéis qué os gustaría estudiar y cuáles son los motivos de vuestra elección.

"Para castigarme por mi desprecio a la autoridad el destino ha hecho de mi una autoridad"

(1930)

4. Una agitada trayectoria profesional

> *"¡Alégrate ahora de la decisión irrevocable que he tomado! He decidido lo siguiente acerca de nuestro futuro: buscaré "inmediatamente" un empleo por modesto que sea. Mis objetivos científicos y mi vanidad personal no me van a impedir aceptar el papel más subordinado que haya"*
>
> *(Carta a su pareja, Mileva Maric, en julio de 1901)*

Sin puesto y con novia. Así se quedó Einstein tras licenciarse en la ETH en el verano de 1900 y ver como sus aspiraciones de hacerse con un puesto de ayudante de alguno de los profesores se esfumaban. Durante un tiempo, y mientras se ganaba los cuartos dando clases particulares, Einstein persistió en su empeño de convertirse en ayudante y escribió ofreciendo sus servicios a otros físicos. Como él mismo expresó, "pronto habré honrado a todos los físicos desde el mar de Norte hasta el extremo sur de Italia con mi oferta". Ninguno pareció "agradecer" tal honor.

Así estuvo hasta que en abril de 1901 consiguió una sustitución de dos meses como maestro en una escuela técnica superior de Winterthur, y poco después entró a trabajar durante un breve periodo como profesor en un internado de Schaffhausen. También en abril de 1901 su excompañero de estudios Marcel Grossmann le habló de la posibilidad de ocupar una plaza en la oficina de patentes de Berna, cuyo director era conocido del padre de Marcel. Esta propuesta se concretó el 16 de junio de 1902, cuando fue "seleccionado" para el puesto de experto técnico de tercera clase por un periodo de prueba, puesto que adquiría "en propiedad" en septiembre de 1904 tras superar el examen para funcionarios públicos. Dos años después ascendería a técnico experto de segunda clase.

En junio de 1907 Einstein retomó su pretensión de emprender una carrera académica y presentó su candidatura al puesto de *privatdozent* (profesor privado) en la Universidad de Berna, con resultados tanto o más desalentadores que los alcanzados siete años antes. Entre que su trabajo sobre la relatividad fue tachado del currículum por incomprensible y que incumplió el requisito de presentar un artículo inédito, ni siquiera fue tenido cuenta para el puesto. Entonces recibió una postal de uno de sus antiguos profesores, Alfred Kleiner, quien le comunicaba su deseo de contar con él en la universidad de Zurich, instándole a que como primer paso volviese a presentarse como *privatdozent* en Berna. Lo consiguió en 1908 y logró así su primer puesto académico, aunque como carecía de retribución económica tuvo que compaginarlo con su trabajo en la oficina de patentes. En la primavera de 1909 la universidad de Zurich creó una nueva plaza de profesor asociado de física teórica, y Kleiner, fiel a su palabra, propuso a Einstein. Sin embargo, el comité evaluador se decantó por otro candidato, Friedrich Adler, que para sorpresa de todos renunció al cargo alegando que sus conocimientos no se podían comparar con los de su competidor. Así fue como Einstein se hizo con el puesto pese a los aspectos negativos que los evaluadores reseñaron en su informe final, principalmente "todo tipo de despreciables peculiaridades de carácter, tales como el entrometimiento, la insolencia y la mentalidad de tendero en la percepción de su posición académica". Tomó posesión de su nuevo cargo el 7 de mayo, y el 6 de julio presentó su dimisión en la oficina de patentes de Berna.

Ésta fue la última vez que debió superar esta clase de obstáculos ya que a partir de entonces y conforme su prestigio crecía (Véase El salto a la fama), empezaron a llegarle ofertas de los centros más reputados de Europa.



Figura 26: Retrato de Albert Einstein en la Oficina de Patentes de Berna. 1905.

La primera le llevó en 1911 a ocupar la cátedra de física teórica de la Universidad Alemana de Praga, donde sólo permaneció un curso, pues en el otoño de 1912 ya estaba de vuelta en Zurich como profesor en la misma ETH que doce años antes le había negado un puesto. En el verano de 1913 Max Planck, presidente de la Academia de Ciencias Prusiana, y Walther Nernst se personaron en Zurich decididos a repatriar al genio con una proposición irrechazable: catedrático sin obligaciones docentes en la universidad de Berlín, director del aún no inaugurado Instituto de Física Kaiser Wilhelm y miembro de la Academia Prusiana de Ciencias con un sueldo de 12.000 marcos. La generosidad de la oferta le ayudó a vencer su reticencia a abandonar Zurich, y en 1914 se trasladó a Berlín donde permanecería hasta 1933, año en que abandonó Europa de manera definitiva. Su destino sería el recién creado Instituto de Estudios Avanzados de Princeton, al que se incorporó en otoño de 1933 y al que siguió vinculado incluso después de su jubilación oficial, en 1945.

“La ciencia es una cosa maravillosa si uno no tiene que ganarse la vida con ella. Uno debería ganarse la vida trabajando en aquello para lo que está seguro que está capacitado. Sólo cuado no somos responsables de nadie podemos encontrar el placer en la investigación científica”

(Carta a un estudiante en 1951)

Una situación embarazosa

A comienzos de los años treinta la situación en Alemania se había vuelto tan irrespirable que Einstein tomó la decisión de abandonar el país y comenzó a valorar –aceptando casi compulsivamente– ofertas de otras instituciones extranjeras. Inició una relación con el Instituto Tecnológico de California, en Pasadena, donde estuvo como profesor visitante a principios de 1931 y en los dos inviernos siguientes. También aceptó un puesto en el *Christ Church College* de Oxford que le obligaba a residir allí unos meses al año, lo que no impidió que en 1932 se comprometiese con Abraham Flexner, director del Instituto de estudios Avanzados de Princeton, para incorporarse al centro el curso siguiente. Pero la cosa no quedó ahí, y a pesar de su complicada agenda en abril de 1933 aceptó la propuesta que le realizó el gobierno español (Véase Bienvenido Mr. Einstein) y poco después hizo lo propio con otra invitación procedente de Francia. Fue entonces cuando se dio cuenta del lío en el que se había metido, como confesó en una carta a Paul Langevin, uno de los impulsores del proyecto francés: “Me encuentro ahora en una situación embarazosa. He aceptado una posición para todo el invierno (de cinco a seis meses) en el Instituto de Investigaciones de Abraham Flexner en Princeton. También he sido invitado por un periodo de cinco años, un mes cada año a Oxford, al *Christ Church College.* Además España me ha ofrecido un puesto de enseñanza (como catedrático) en la Universidad de Madrid y he asegurado que estaría allí en abril próximo (1934). Me había comprometido antes de recibir la oferta francesa. Puede usted pensar que no debería haber aceptado las ofertas española y francesa, ya que mis capacidades actuales en modo alguno se encuentran en proporción con lo que se espera de mi”.

Un profesor rebelde

En el internado de Schaffhausen, donde en 1901 fue contratado como profesor de física, Einstein convenció a sus alumnos para que se rebelasen contra el rígido plan de estudios que estaban obligados a seguir. Cuando solicitó al director del centro plena responsabilidad sobre la educación de los chicos, lo único que consiguió fue que le diesen con la puerta en las narices.

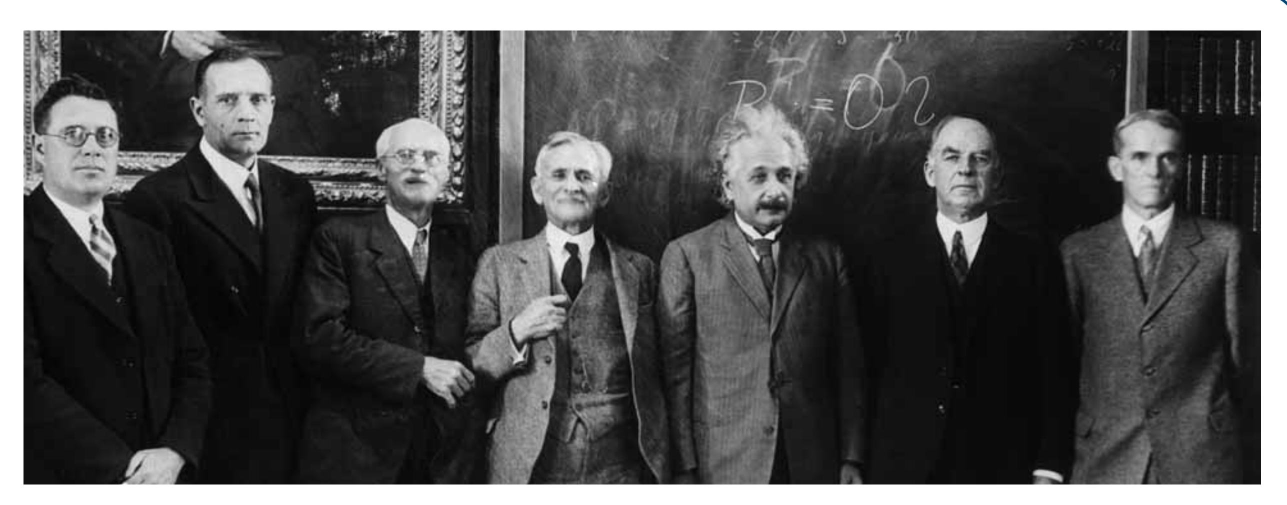


Figura 27: Reunión de Einstein con científicos californianos.



Figura 28: Casa de Einstein en Princeton, New Jersey.



Figura 29: Einstein en el exterior de su laboratorio.

Tobleinsteinrone

¿Fue Einstein el encargado de aprobar la patente de la famosa chocolatina con forma de prisma de *Toblerone?* Lo cierto es que esta historia, una de las muchas que han contribuido a engordar su leyenda, es seguramente apócrifa. La mejor prueba es que en la *web* oficial de *Toblerone,* donde se exhibe el certificado de la patente, no se hace ninguna alusión a ello. Una de dos, o estamos ante el caso más flagrante de miopía publicitaria o sólo se trata de un bulo. De lo que no hay duda es de que Theodor Tobler, creador del chocolate, obtuvo la patente para el proceso de manufactura en la Oficina de Berna en 1906, justo en la época en que Einstein trabajaba allí. Una coincidencia suficiente como para que los románticos –y los amantes del chocolate– alimenten la rumorología einsteiniana.

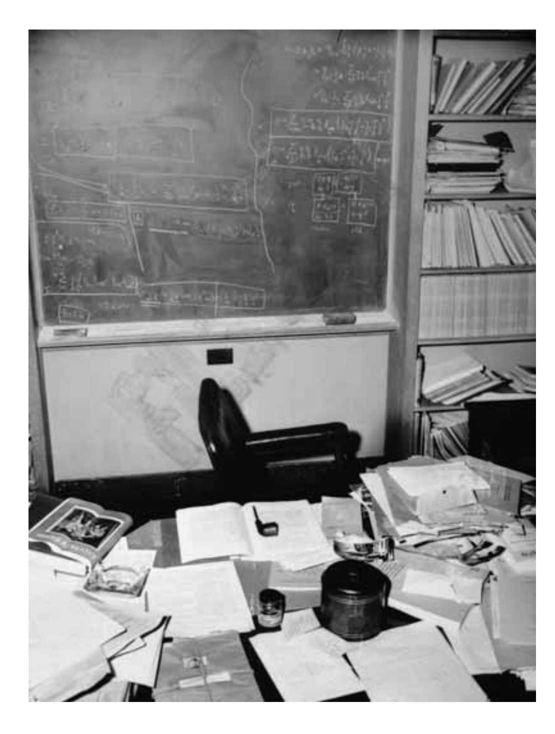


Figura 30:
Último estudio de Einstein en el Instituto de estudios avanzados de la Universidad de Princeton.

"He llegado a la convicción de que debería abolirse la pena de muerte. Las razones son la irreparabilidad en el caso de un error de la justicia y su negativa influencia moral sobre quienes tienen que ejecutar la sentencia"

(1927)

Un amigo hasta en el infierno

En 1909 Einstein optaba al puesto de profesor asociado de física teórica en la universidad de Zurich, pero fue un conocido suyo, Friedrich Adler, quien resultó seleccionado para el puesto. Sin embargo Adler renunció al cargo alegando que sus conocimientos no resistían la más mínima comparación con los de Einstein, un gesto a raíz del cual, ambos "rivales" comenzaron a intimar hasta el punto de que fue Adler uno de los que introdujo a Einstein en los ideales políticos de la Segunda Internacional. Pero Friedrich Adler no iba a pasar a la historia como el hombre que cedió su puesto a Einstein o como su guía espiritual. Hijo del fundador del Partido Socialdemócrata Austriaco, en 1916 asesinó de un disparo al primer ministro de Austria impulsado por su "pacifismo" y su oposición a la Primera Guerra Mundial, y haciendo bueno eso de que el fin justifica los medios. Fue condenado a muerte por ello y Einstein, que ya era una destacada personalidad, accedió a que se utilizase su nombre para evitar el cumplimiento de la sentencia. Al parecer llegó a enviar una petición personal en favor de su amigo, y de algo debió servir porque la condena fue rebajada a 18 meses de cárcel.

2+a=6

Hable con ella

Después de que Abraham Flexner, fundador del Instituto de Estudios Avanzados de Princeton obtuviese el "sí quiero" de Einstein, llegó el momento de negociar los emolumentos a percibir. Cuestionado sobre este aspecto Einstein sugirió una cantidad de 3.000 dólares anuales, aunque finalmente llegaron a un acuerdo por 15.000 dólares, que tras jubilarse se reducirían a la tercera parte. Existen dos versiones respecto a cómo se produjo esta notable mejora. Una de ellas señala que Flexner, que debía ser un tipo muy legal, le hizo ver a Einstein que sus demandas eran muy poco ambiciosas, y *motu propio* le asignó su sueldo definitivo. La otra versión apunta a que fue Elsa la que, tras escuchar la propuesta de su marido, se encargó de renegociar el contrato. Esta historia casa muy bien con el hecho, reflejado por algunos de sus biógrafos, de que era Elsa quien controlaba el dinero, pues al parecer su esposo era muy dado a ofrecer ayuda económica a cualquiera que le convenciese de que recaudaba fondos para una buena causa.



Figura 31: Abraham Flexner.

Otra anécdota al respecto de su incorporación al Instituto de Estudios Avanzados relata que cuando a Einstein le preguntaron qué necesitaba en su despacho para empezar a trabajar respondió: "un escritorio, un lápiz, cuadernos y una papelera para tirar todos mis errores".

5. El salto a la fama

> *“Con la fama me he vuelto más y más estúpido, lo cual por supuesto es un fenómeno muy común”*
>
> *(diciembre de 1919)*

La relación de Einstein con la fama está llena de luces y sombras, algo muy apropiado para una vinculación que tiene en un eclipse solar su punto de inflexión.

Al contrario de lo que cabría suponer, los artículos con los que en 1905 Einstein puso patas arriba los cimientos de la física fueron recibidos con enorme frialdad por la comunidad científica. Ni siquiera provocaron el fuerte rechazo y las críticas que Einstein esperaba cosechar, y eso a pesar de que sus “irreverentes” contenidos cuestionaban muchos de los conceptos y teorías en los que los físicos de la época creían a pies juntillas, como la existencia del éter luminífero, la mecánica newtoniana o la naturaleza ondulatoria de la luz. Tampoco ayudaban su estilo informal, caracterizado por la ausencia de ecuaciones y referencias al trabajo de otros científicos, o los atrevidos postulados basados en intuiciones y experimentos mentales. Pero no hubo críticas feroces, ni tampoco halagos; sus trabajos pasaron prácticamente desapercibidos hasta 1909. Durante ese lapso de cuatro años las ideas de Einstein, y sobre todo la relatividad, encontraron difusión gracias al boca a boca iniciado por Max Planck, quien en 1905 formaba parte del comité editorial de *Annalen der Physiks* y estaba fascinado por la teoría. De hecho, en 1907 Planck escribió a Einstein una carta en la que afirmaba: “de momento, los defensores de la relatividad somos un grupo muy pequeño”.



Figura 32: Periodistas rodeando a Einstein a su llegada a Estados Unidos. 1930.

La situación dio un vuelco cuando en 1908 Hermann Minkowski, un matemático que había sido profesor de Einstein en la ETH –aunque no le recordaba, tal vez porque su alumno no solía asistir a clase–, dotó a la Teoría de la Relatividad Especial de una sencilla formulación matemática (véase Falsedad matemática). Minkowski pronunció una conferencia titulada *Espacio y tiempo* en la decimoctava Asamblea de Naturalistas y Físicos Alemanes, poniendo en alerta a la comunidad científica sobre la teoría y, por ende, sobre su desconocido creador. Gracias a ello, en 1909 Einstein ya se había hecho una reputación entre sus colegas. En julio de ese año fue nombrado doctor honoris causa por la universidad de Ginebra junto a Madame Curie, Ernest Solvay y Wilhelm Ostwald; y en septiembre acudió como ponente a un congreso científico, el primero al que asistía. Su prestigio profesional continuó creciendo con rapidez, y en 1911 fue invitado al primer Congreso Solvay que reunió en Bruselas a la *crème de la crème* de la física, desde Lorentz y Poincaré hasta Planck o Madame Curie. Aquel aquelarre –como lo calificó Einstein– dio un impulso definitivo a la relatividad y a la cuántica, y con ello a la figura de Einstein, quien pasó a ser considerado como uno de los físicos del momento. Finalmente, la confirmación experimental de su Teoría General de la Relatividad durante el eclipse del 29 de mayo de 1919 acabaría por encumbrarle como el científico más importante desde Newton. El día en que Eddington confirmó las predicciones de Einstein durante la observación del eclipse, el diario británico *The Times* proclamó en primera plana: “Revolución en la ciencia. Nueva teoría del universo. Las ideas newtonianas desechadas”. Muchos otros periódicos, en especial en Gran Bretaña y EEUU, se hicieron eco del acontecimiento en grandes titulares, con el resultado de que al día siguiente Einstein se había convertido en un personaje mundialmente conocido. A diferencia de lo mucho que le había costado hacerse un nombre en el mundo académico, alcanzó la popularidad de un día para otro.

Su meteórico ascenso a la fama fue en realidad el resultado de una suma de factores. Por una parte estaba la espectacularidad casi mística de la confirmación experimental de sus predicciones en un eclipse solar. Por otra, lo revolucionaria, contraintuitiva e incomprensible que resultaba la nueva teoría, matices que aportaban un agradecido toque “sobrenatural” que se reflejaba en los titulares de la prensa: “La teoría de Einstein triunfa. Las estrellas no están donde parecen. Sólo doce hombres sabios en todo el mundo pueden entenderlo”. También fue relevante que el anuncio llegara inmediatamente después de la Primera Guerra Mundial, y que en él estuviesen implicados una expedición británica que confirmaba la teoría de un científico alemán; una muestra de cooperación internacional en la que muchos creyeron ver el nacimiento de una nueva etapa que rompía con el pasado. Finalmente, no podemos olvidar su evidente perfil mediático, y es que Einstein tenía talento para hacer accesibles los aspectos científicos a la gente de a pie; una personalidad peculiar y una natural disposición para expresar opiniones cargadas de ironía y sentido del humor acerca de cualquier tema. Estas credenciales le convirtieron en un filón para la prensa, que brindó una gran cobertura a las conferencias que en los años veinte le llevaron por medio mundo, proporcionando un seguimiento en consonancia con el revuelo que despertaba entre la gente y que Einstein llegó a calificar de “psicopatológico”. La década prodigiosa de Einstein arrancó con la noticia del eclipse, continuó con la concesión del premio Nobel, se reforzó a través de sus constantes giras “promocionales” y alcanzó el cenit cuando el astrónomo Edwin Hubble demostró en 1929 que el universo se estaba expandiendo, tal y como predecían las ecuaciones de la relatividad.

Cuando su prestigio profesional comenzó a tambalearse como consecuencia de su terca oposición a la mecánica cuántica y su voluntario aislamiento profesional (Véase Einstein y la cuántica), Einstein ya se había convertido a los ojos del mundo en un “sabio” cuyas opiniones trascendían a la ciencia y abarcaban aspectos de interés general,

en especial las causas políticas y humanitarias. Su popularidad sólo menguó al final de su vida debido a su relación con el desarrollo de la bomba atómica y a las acusaciones de comunista y conspirador que sobre él vertió el macartismo. Para entonces ya hacía años que era visto como un fósil por la comunidad científica, que asistió apenada a su decadencia, tal y como ilustra el doloroso testimonio de Max Born en 1945: "Vio con más claridad que nadie el fondo estadístico de las leyes de la física y fue el pionero en la lucha para conquistar el desierto de los fenómenos cuánticos. Más tarde incluso, cuando surgió de su propio trabajo una síntesis de los principios estadísticos y cuánticos que parecieron ser aceptados por casi todos los físicos, él mismo se mantuvo reservado y escéptico. Muchos de nosotros consideramos esto como una tragedia para él, avanzando a tientas en su soledad, y para nosotros, que perdimos a nuestro líder".

Tras su muerte, las sucesivas confirmaciones experimentales de muchas de sus predicciones le han devuelto a la posición que en la actualidad ostenta: la del físico más grande del s. XX y tal vez de la historia. Un genio que además ha logrado "enganchar" al gran publico gracias a su irresistible personalidad.

> *"Gracias a mi reciente éxito motivado por la afortunada idea de introducir el principio de relatividad en la física, usted (y otros) sobreestiman enormemente mis habilidades científicas, hasta un punto que me hace sentir algo incómodo"*
>
> *(Carta a Sommerfeld en 1908)*

El reconocimiento es mutuo

Einstein conquistó la admiración de sus colegas, pero al mismo tiempo él también reconoció la valía de muchos otros científicos, coetáneos o históricos, tal y como demuestra esta "laudatoria" colección de citas. ¿A cuál de los científicos presentes en la columna de la derecha se refiere Einstein en cada una de ellas?.

1. "Es como un niño extremadamente sensible que se mueve por este mundo en una especie de trance".
2. "Es muy inteligente pero tiene el alma de un arenque, lo que quiere decir que es pobre en cuanto al arte de la diversión y la pena. Expresa sus sentimientos principalmente mediante gruñidos".
3. "Su sentimiento de incapacidad, objetivamente injustificado, le acosó incesantemente, a menudo robándole la paz mental necesaria para una investigación tranquila. Su tragedia reside precisamente en una casi mórbida falta de autoconfianza".
4. "Este hombre amó a la misteriosa naturaleza como un amante amaba a su distante amada".

Madame Curie

Lorentz

Michelson

Bohr

Mach

(Continua en la página siguiente)

5. "Desafortunadamente se encuentra vanidad en demasiados científicos. Siempre me ha dolido que él no reconociese el trabajo de Kepler".
6. "Mi sentimiento de inferioridad intelectual con respecto a usted no afecta al gran deleite que me producen nuestras conversaciones".
7. "Era tan sabio en mecánica como deplorable filósofo".
8. "Siempre pienso en él como el artista de la ciencia. Su mayor placer parecía venir de la belleza del experimento y de la elegancia del método empleado".
9. "En una misma persona combinaba al experimentador, al teórico, al mecánico y, no menos importante, al artista".
10. "Fue una de las personas más hermosas que he conocido pero realmente no entendía de física, porque durante el eclipse de 1919 permaneció de pie toda la noche para ver si era capaz de confirmar la desviación de la luz por el campo gravitatorio. Si realmente hubiera entendido la Teoría General de la Relatividad se habría ido a la cama como hice yo".
11. "La claridad, certeza e imparcialidad que aplica en sus libros a las cuestiones lógicas, filosóficas y humanas no tienen comparación en nuestra generación".
12. "Sus contribuciones a la física fueron mucho más importantes que las mías".

Russell

Planck

Maxwell

Faraday

Galileo

Paul Ehrenfest

Newton

"Siempre tiendo a estar solo. Es extraño saber que todo el mundo te conoce y estar al mismo tiempo tan solo. El hecho es que la clase de popularidad que yo estoy experimentando empuja a la persona hacia una actitud defensiva que le lleva a aislarse todavía más"

(1952)

"Al igual que el hombre del cuento (el Rey Midas) transformaba en oro todo lo que tocaba, conmigo cualquier cosa se convierte en noticia para los periódicos"

(1920)



Figura 33: Einstein y su esposa a su llegada a Nueva York. 1930.

El rey Midas

Einstein afirmó en múltiples ocasiones el disgusto que le producían la popularidad y sus consecuencias. Detestaba la "persecución" a la que le sometían los periodistas y los compromisos sociales a los que se veía obligado a acudir –los calificaba como "la hora del zoo"– impidiéndole disfrutar de la paz y la tranquilidad que necesitaba para trabajar. Cierto es que hacía este lamento con la boca pequeña, porque no sólo no dudó en sacar partido de su fama, sino que incluso la fomentaba. Estableció un provechoso *quid pro quo* con los medios, y consciente de que cualquier cosa que dijese sería tenida en consideración, se sirvió de ellos para defender sus ideales y publicitar las causas que apoyaba. De hecho, se acostumbró tanto a la fama que acabó por sentirse cómodo con ella. Al respecto, resulta revelador el testimonio de su hijo mayor Hans Albert al rememorar un viaje que realizó con su padre por los lugares más apartados de EEUU, donde nadie le reconocía, algo que al principio le resultó divertido pero que acabó por causarle una visible desilusión. De paso, esta historia también desmonta la teoría de que hasta el habitante más ignorante del pueblo más remoto conoce a Einstein, tal y como pretenden hacernos creer los guionistas de cine y televisión.

5.1. The Great Relative

El 28 de febrero de 1931, en el momento cumbre de su fama, Einstein y su esposa Elsa visitaron la reserva de la tribu india de los Hopi, en el Gran Cañón, Arizona. Einstein fumó con ellos la pipa de la paz y recibió el título honorífico de Great Relative. ¿Estaban al corriente –o les pusieron al corriente– los hopis de la identidad de su ilustre visitante? La cuestión queda en el aire ya que Relative significa tanto Relativo como Pariente. Entonces, ¿Gran Relativo o Gran pariente?.

"El contraste entre la apreciación popular de mis facultades y logros y la realidad es simplemente grotesca" (1921)

En el escaparate público

En 1929 comenzó a circular el rumor de que Einstein estaba a punto de efectuar un gran descubrimiento y el público reaccionó demandando más información. Cuando por fin apareció el artículo, todos los periódicos le dedicaron gran atención y *The New York Herald Tribune* llegó al extremo de publicarlo íntegro. Nada comparable a lo que se pudo ver en Londres, donde los grandes almacenes *Selfridges* empapelaron su escaparate con las hojas del trabajo para que todo el mundo pudiese apreciarlo, provocando una avalancha de ávidos lectores. El artículo, de enorme complejidad y plagado de abstrusas ecuaciones, sólo resolvía alguno de los problemas preliminares que planteaba la búsqueda de una teoría unificada (Véase Einstein y la cuántica). Pero eso no importaba: era obra del gran Einstein.

¿Publicidad engañosa?

Busca anuncios en una revista o suplemento dominical que contengan palabras científicas. ¿Se entiende su significado? ¿Hay algún caso en el que las palabras sean inventadas? ¿Aparecen términos empleados de forma incorrecta? ¿Por qué crees que los publicistas incorporan palabras científicas en sus anuncios?.

Piensa en Einstein

Y ya que hablamos de publicidad, Einstein nunca permitió que su nombre fuese utilizado con fines comerciales a pesar de que recibió múltiples propuestas, algunas tan curiosas como las de una cadena de peluquerías o la de un fabricante de bolígrafos. Las cosas cambiaron tras su muerte, y su nombre e imagen han sido empleados como reclamo para algunos productos. En la actualidad *The Roger Richman Agency* se encarga de gestionar el uso comercial de la "marca" Einstein, eso sí, evitando cualquier relación con el alcohol y el tabaco. Sabido esto, diseña una campaña publicitaria para algún tipo de producto basada en alguno de los múltiples aspectos de la figura de Einstein (logros científicos, personalidad, ideales, presencia física...) y preséntala ante la clase. ¿Has conseguido "venderles" tu producto?.

La fama cuesta

"En mi teoría de la relatividad coloqué un reloj en cada uno de los puntos del espacio, pero en la vida real me fue difícil tener un solo reloj en mi habitación", dijo Einstein en referencia a las estrecheces económicas por las que pasó en su etapa en la oficina de patentes de Berna, incluso después de su annus mirabilis. Que no lo fue en el plano económico, salvo que se pueda considerar un milagro que fuese capaz de mantener a su hijo y a su mujer con un sueldo anual de 3.500 francos suizos.

"Los conceptos físicos son creaciones libres de la mente humana y no están, a pesar de lo que pueda parecer, únicamente determinadas por el mundo exterior"

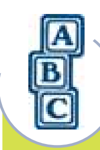
(1938)

La primera, en la frente

La primera referencia al artículo sobre la relatividad de 1905 apareció el año siguiente, en un trabajo publicado también en *Annalen der Physiks* y firmado por el físico alemán Walter Kaufman. En él se exponía una serie de resultados experimentales que no concordaban con la teoría, lo que parecía demostrar que era errónea. Más tarde se probó que lo erróneo era la forma en la que se habían obtenido esos resultados.

TELEGRAMA CON HISTORIA PUNTO

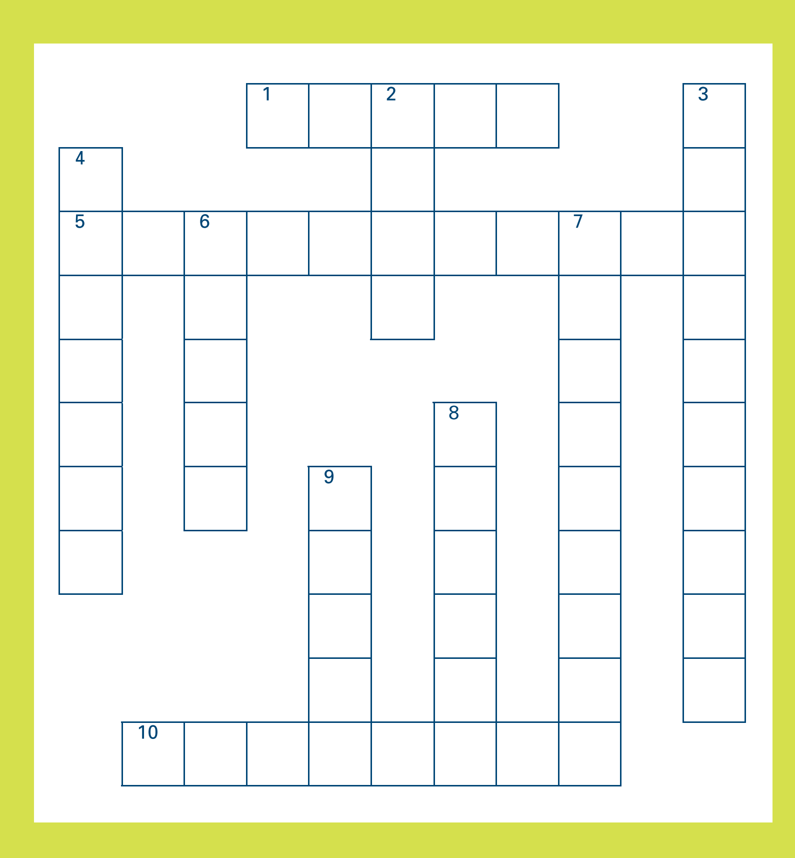
EINSTEIN RECIBIÓ TELEGRAMA DE EDDINGTON CON LOS RESULTADOS DE LA EXPEDICIÓN DEL ECLIPSE PUNTO SE LO ENSEÑO A SU ESTUDIANTE ILSE ROSENTHAL-SCHNEIDER DICIENDO YO SABIA QUE MI TEORIA ERA CORRECTA PUNTO ILSE PREGUNTO QUE HABRIA PASADO DE NO CONFIRMARLA LOS RESULTADOS PUNTO EINSTEIN AÑADIO ENTONCES LO HABRIA SENTIDO POR EL QUERIDO LORD PORQUE LA TEORIA ES CORRECTA PUNTO.



Crucigrama científico

Crucigrama formado por diez nombres de famosos científicos de la época. Definiciones:

1. Descubridor de la síntesis del amoníaco.
2. Uno de los grandes impulsores de la cuántica, famoso por su modelo del átomo de hidrógeno.
3. Pionera del estudio de la radiactividad.
4. Cede su nombre a un Transformación, una Invarianza y una Contracción, todas relacionadas con la relatividad.
5. Líder científico del "Proyecto Manhattan".
6. El ideólogo de su principio de exclusión.
7. Inseparable de Morley por el experimento que demostró que la velocidad de la luz era constante independientemente de su dirección.
8. Padre de los cuantos de energía.
9. Famoso lógico y matemático, desarrolló el principio de incompletitud y un universo giratorio.
10. Determinó la carga del electrón con gotas de aceite.



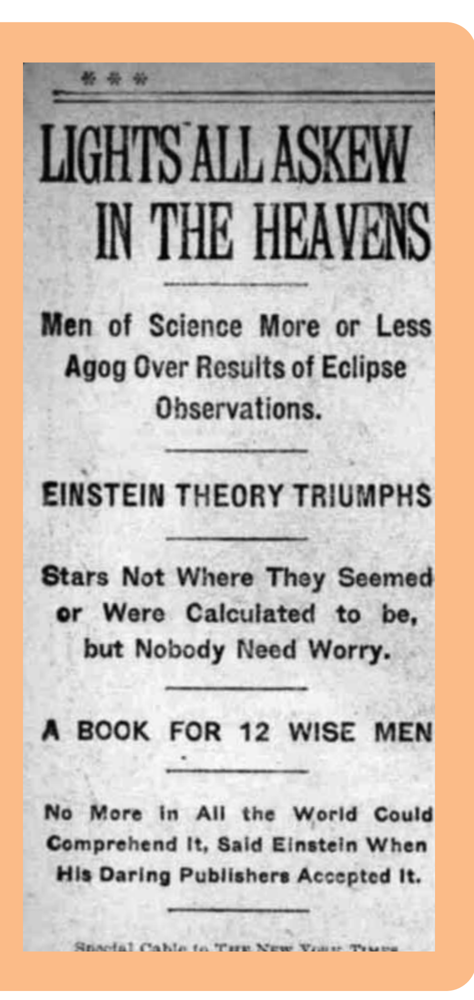
¿Cómo es que nadie me entiende pero le gusto a todo el mundo?

(1944)

Doce hombres sabios

Cuando *The New York Times* publicó a toda plana la confirmación de la Teoría General de la Relatividad, uno de los titulares afirmaba que según Einstein sólo doce sabios en el mundo podían entenderla.

La frase hacía referencia a un libro que Einstein había accedido a escribir sobre el tema, pero él siempre negó haber dicho algo semejante. Por el contrario, pensaba que cualquiera que estudiase su trabajo no tendría dificultades para comprenderlo.



LIGHTS ALL ASKEW IN THE HEAVENS

Men of Science More or Less Agog Over Results of Eclipse Observations.

EINSTEIN THEORY TRIUMPHS

Stars Not Where They Seemed or Were Calculated to be, but Nobody Need Worry.

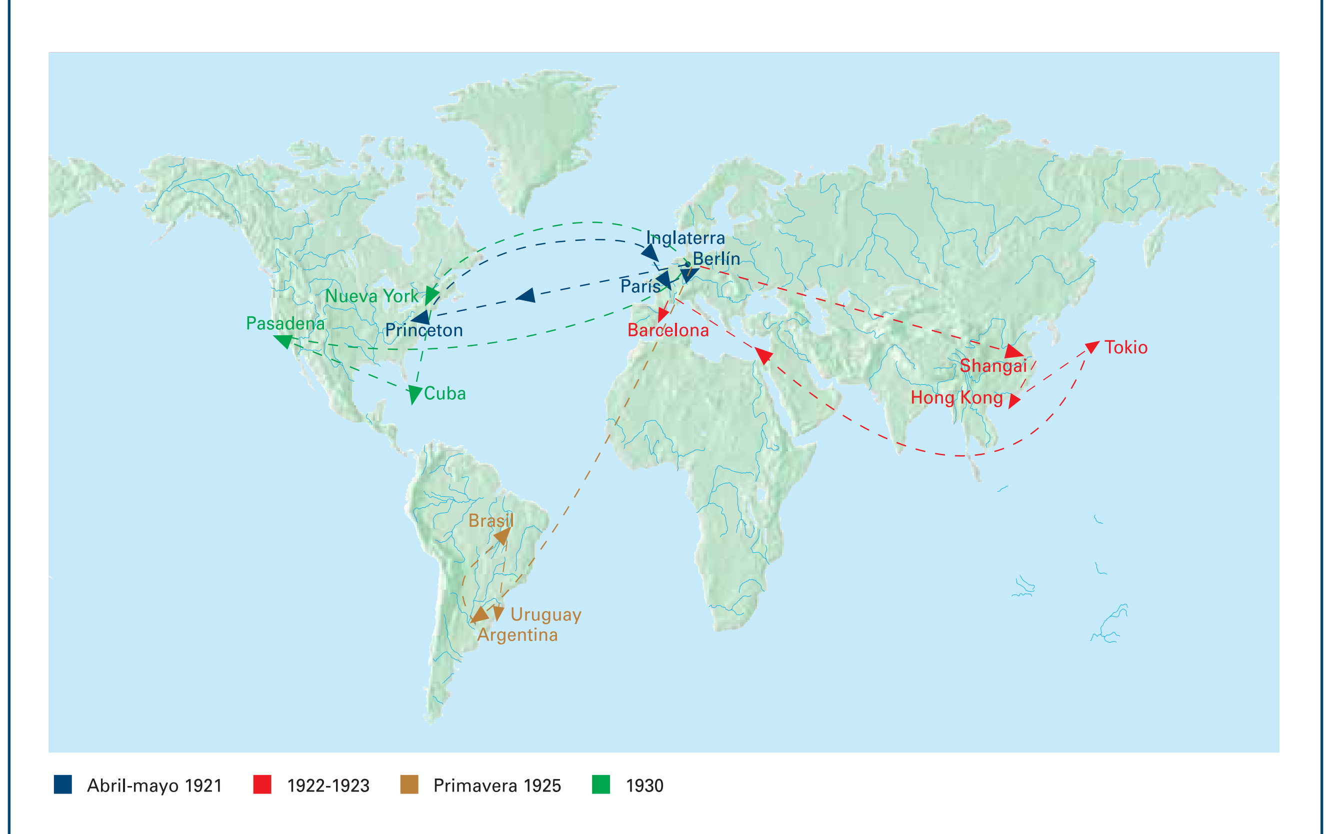
A BOOK FOR 12 WISE MEN

No More in All the World Could Comprehend It, Said Einstein When His Daring Publishers Accepted It.

Special Cable to THE NEW YORK TIMES

Magical Mistery Tour

Un nombre muy apropiado para la gira mundial que Einstein emprendió para promocionar a base de conferencias su último gran éxito, la Teoría General de la Relatividad, que en el mejor de los casos resultaba misteriosa y en el más habitual –que no en el peor– sonaba a magia.



■ Abril-mayo 1921 ■ 1922-1923 ■ Primavera 1925 ■ 1930

Abril-mayo 1921. Primer viaje a Princeton (EEUU). En el viaje de vuelta hizo escalas en Inglaterra y Paris para ofrecer conferencias antes de regresar a Berlín.

1922-1923. Entre octubre y diciembre inició un viaje por Asia que lo llevó a Shangai, Hong Kong y Tokio. Luego continuó hasta Palestina (ya a principios de 1923). Desde allí volvió a Europa concretamente a Francia, donde en Toulon tomó un tren que le llevó hasta Barcelona, punto de inicio de su gira por España, el 21 de marzo.

Primavera de 1925. Se embarca rumbo a Sudamérica: Argentina, Brasil y Uruguay.

1930. Segundo viaje a EEUU. De nuevo llega a Nueva York. Visita Cuba y pasa una temporada en Pasadena como profesor invitado. Vuelve a Alemania.

6. Un Nobel con historia

"Por sus servicios únicos a la física teórica y en particular por su explicación de la ley del efecto fotoeléctrico"

(Citación oficial del Comité del Premio Nobel para la concesión del Premio Nobel de Física en 1921)

"Einstein habría sido uno de los más grandes físicos teóricos de todos los tiempos aunque no hubiese escrito una sola línea sobre la relatividad"

(Max Born)

La concesión del premio Nobel de Física de 1921 a Albert Einstein por su descubrimiento del efecto fotoeléctrico –y no como suele creerse por su Teoría de la Relatividad– supuso el feliz punto y final a una de los capítulos más rocambolescos de la historia de los galardones creados por Alfred Nobel.

Desde que en 1910 Einstein había sido candidato por primera vez, su creciente prestigio hacía que cada año su nombre sonase con mayor insistencia para el premio. Sin embargo, se enfrentaba a un gran obstáculo: el comité evaluador del Nobel de Física. En aquella época dicho comité estaba integrado por miembros de la Escuela de Física Experimental de la Universidad de Uppsala, cuya máxima aspiración parecía ser la precisión en la medida de las magnitudes físicas, lo que condicionó sus elecciones durante esos años. De hecho, los primeros galardonados lo fueron por trabajos experimentales, y hasta 1918 el comité no reconocería al autor de un trabajo eminentemente teórico, honor que recayó en Max Planck. A pesar de esta tendencia, en 1920 parecía inevitable que Einstein se llevase el premio, dado que el año anterior la expedición británica del eclipse había demostrado de forma experimental las predicciones de la Teoría General de la Relatividad. Pero no fue así y el comité, en una decisión que dejó perplejos incluso a los detractores de la relatividad, premió a Charles E. Guillaume reconociendo su contribución a la mejora de "la precisión de las medidas en Física por su descubrimiento de las anomalías en las aleaciones de níquel y acero", un trabajo muy del gusto de los uppsalianos. La situación se repitió al año siguiente, aunque esta vez la decisión del comité resultó todavía más surrealista puesto que declaró desierto el Nobel de Física, descartando la candidatura de Einstein con la excusa de que la relatividad era aún demasiado especulativa. Por fortuna para Einstein y el resto de los físicos teóricos, en 1922 se incorporó al comité uno de los "suyos", Carl Wilhelm Oseen, quien trazó un plan maestro con el objetivo de premiar de forma inmediata tanto a Einstein como a Bohr. En primer lugar presentó de nuevo la candidatura de Einstein, pero no por la controvertida Teoría de la Relatividad sino por su explicación del efecto fotoeléctrico. Oseen defendió con éxito su apuesta, pues el trabajo de Einstein, basado en los cuantos de energía, estaba respaldado por el Nobel que ya le habían concedido a Planck. Una vez que logró convencer al comité de los méritos de Einstein, Oseen realizó su jugada definitiva presentando la candidatura de Bohr por su modelo atómico del átomo de hidrógeno, que el comité también había rechazado por el carácter especulativo de la cuántica, pero que ahora se apoyaba en cimientos tan sólidos como los cuantos de energía de Planck y Einstein. El resultado fue que el Nobel de física que en 1921 había quedado vacante se le concedía a Einstein con un año de demora, mientras que Bohr recibía el de 1922.

Con todo, si había resultado difícil que a Einstein le otorgasen el premio, también costaría lo suyo que acudiese a recibirlo, pues cuando le llegó la noticia se encontraba en medio de una larga gira asiática que le iba a llevar de Japón a Palestina. El 10 de diciembre, día de la entrega, se encontraba en Kioto. Su ausencia estuvo a punto de causar un conflicto diplomático, pues no estaba claro si quien debía recibir el premio en su nombre era el embajador suizo o el alemán, ya que el galardonado poseía ambas nacionalidades. El conflicto se resolvió a favor del representante germano en atención a que hacía años que Einstein trabajaba en Berlín, aunque paradójicamente el artículo sobre el efecto fotoeléctrico databa de sus días en la Oficina de Patentes de Berna. Por su parte, el científico no recibió la medalla y el diploma acreditativo de manos del embajador sueco en Berlín hasta abril de 1923, y aún tendría que esperar un poco más para ingresar el premio en metálico. Los estatutos del Nobel establecían que el premiado debía realizar antes la lectura del discurso de recepción explicando algunos aspectos del trabajo reconocido. Se estableció que la lectura que tuviese lugar el 11 de julio, con motivo de la Asamblea Nórdica de Naturalistas de Goteborg. Einstein aprovechó la atención de un foro tan distinguido para cobrarse una pequeña revancha, disertando sobre la Teoría de la Relatividad y obviando cualquier mención al efecto fotoeléctrico por el cual le habían concedido el Nobel.

2+a=6

62 nominaciones

Entre 1910 y 1922 Einstein recibió 62 nominaciones para el premio Nobel de Física, lo que le sitúa en el cuarto puesto en el *ranking* del mayor número de nominaciones para dicho galardón entre 1901 y 1950. El primer puesto lo comparten *ex aequo* Otto Stern y Arnold Sommerfeld, con 81 nominaciones por barba. El primero entre 1925 y 1944, año en el que se le concedió (nominalmente le corresponde el de 1943); y el segundo entre 1917 y 1950, año en que falleció sin poder llevarse el Nobel a la tumba. Max Planck, con 74 nominaciones entre 1907 y 1919, ocupa el tercer puesto de esta lista.

Una competencia “feroz”

¿Eres capaz de relacionar los famosos logros recogidos en la columna de la derecha con los galardonados con el premio Nobel de Física –por delante de Einstein– entre 1910 y 1920 presentes en la columna de la izquierda?. (Nota: En 1916 no se concedieron premios Nobel debido a la Primera Guerra Mundial)

1910: Johannes van der Waals	a. En reconocimiento a los servicios prestados para el avance de la física al descubrir los cuantos de energía.
1911: Wilhelm Wien	b. Por su descubrimiento de la radiación Röntgen característica de los elementos.
1912: Nils Gustav Dalén	c. Por sus investigaciones en las propiedades de la materia a bajas temperaturas, las cuales condujeron a la producción de helio líquido.
1913: Heike K. Onnes	d. Por su trabajo en la ecuación de estado para gases y líquidos.
1914: Max von Laue	e. En reconocimiento a su aportación a la precisión de las medidas físicas por su descubrimiento de las anomalías en las aleaciones de níquel y acero.
1915: William H. Bragg y William L. Bragg	f. Por sus descubrimientos relativos a las leyes que gobiernan la radiación del calor.
1917: Charles G. Barkla	g. Por sus aportaciones en el análisis de estructuras cristalinas por medio de rayos X.
1918: Max Planck	h. Por su descubrimiento del efecto Doppler en rayos positivos y la separación de líneas espectrales en campos eléctricos.
1919: Johannes Stark	i. Por su descubrimiento de la difracción de rayos X en cristales.
1920: Charles E. Guillaume	j. Por su invención de reguladores automáticos para su uso conjunto con acumuladores de gas para iluminar faros y boyas marinas.

Premio en metálico

En 1916 Einstein solicitó el divorcio a Mileva, su primera esposa, y por iniciativa del propio Albert acordaron que en el momento en que ganase el Nobel la dotación económica sería transferida íntegramente a Mileva para garantizar su futuro y el de los dos hijos de la pareja. Una decisión que, dicho sea de paso, sólo se explica desde la confianza ciega que ambos tenían en que el galardón estaba al caer. Cuando por fin le entregaron el premio en metálico, 120.000 coronas suecas, Einstein realizó la transferencia y el dinero se empleó en la compra de tres casas en Zurich, una como residencia de Mileva y los niños, y las otras dos como inversiones.

Otras distinciones

1923: Miembro de la orden alemana "Por el mérito" para las ciencias y el arte (renunció a este honor en 1933 debido a la política alemana).

1925: Medalla Copley de la Royal Society of London.

1926: Medalla de oro de la Royal Astronomical Society.

1929: Medalla Max Planck de la Sociedad Física Alemana.

1935: Medalla Benjamín Franklin del Instituto Franklin.

Además fue nombrado doctor honoris causa por, entre otras, las universidades de Ginebra (en 1909), Rostock (1919), Princeton (1921), Madrid (1923); Oxford (1931) y Harvard (1935); así como por la ETH de Zurich (en 1930).

"Por herencia soy judío, por ciudadanía suizo, y por mentalidad un ser humano y sólo un ser humano sin especial apego por ningún estado o entidad nacional" (1930)

6.1. Un apátrida pragmático

El "nobelesco" conflicto entre los embajadores suizo y alemán a causa de su doble nacionalidad demuestra que Einstein pecó de apátrida tanto de palabra como de pensamiento e incluso de omisión, pero lo que se dice de obra, pecó lo justo. Fueron apenas cinco años los que permaneció oficialmente sin patria, los comprendidos entre 1896, cuando renunció a la nacionalidad alemana, y 1901, en que se convirtió en ciudadano suizo. Los sentimientos antinacionalistas poco tuvieron que ver con su decisión de abandonar Alemania en 1896 para reunirse con sus padres en Italia. La decisión, a medio camino entre la rebeldía y el pragmatismo, le liberaba del servicio militar, obligatorio al cumplir los diecisiete años. Tres años después y ya como estudiante de la ETH en Zurich, solicitó la nacionalidad helvética, que le fue concedida en 1901. Si lo hizo fue por motivos igualmente pragmáticos, ya que así podría optar a un puesto como docente en la administración suiza. En su defensa hay que señalar que en su decisión también pesó lo cómodo que se sentía en Suiza, y que fue ésta la única nacionalidad que realmente valoró y la que mantuvo durante el resto de su vida. Pero el hecho de adoptarla conllevaba la obligación de realizar el servicio militar, de lo que se libró al ser declarado "inútil" en el examen médico a causa de sus varices y sus pies planos y sudorosos.

Los profundos sentimientos antinacionalistas con los que se identifica a Einstein no comenzaron a aflorar (véase Un judío en la vorágine del siglo) hasta su regreso a Alemania, en 1914, para ocupar una cátedra en la universidad de Berlín y un puesto en la Academia Prusiana de las Ciencias, cargos que, irónicamente, llevaban asociada la nacionalidad alemana. Einstein, en la medida que le fue posible, prefirió omitir este detalle, refiriéndose siempre a su ciudadanía suiza y viajando con pasaporte de este país.



Figura 34:
Jura de la nacionalidad estadounidense.

Mantuvo la doble nacionalidad germano-helvética hasta que en 1933, con el ascenso al poder de los nazis y su exilio voluntario en EEUU renunció por segunda y definitiva vez a su condición alemana. En 1940, tras prestar juramento en Preston, New Jersey, estrenó la nacionalidad estadounidense, lo que no impidió que poco después volviese a renovar su pasaporte suizo.

> *"Que un hombre pueda encontrar placer en marchar en formación a los acordes de una banda es suficiente para hacer que le desprecie"*
>
> *(1930)*

2+a=6

No apto

El 13 de marzo de 1901, Einstein se sometió al examen médico previo para dictaminar si era apto para realizar el servicio militar suizo. La revisión arrojó los siguientes resultados:

Edad: **22 años**
Altura: **171.5 cm**
Perímetro torácico: **87 cm**
Brazo (la parte comprendida entre el hombro y el codo, sin contar el antebrazo): **28 cm**
Enfermedades o defectos: **varices, pies planos y excesivamente sudorosos**
Dictamen: **No apto.**

Mídete con Einstein

Compara tus medidas con las de Einstein y con las "medidas de la clase". Para ello deberéis calcular la media del peso y la altura; pero también la mediana y la moda; el rango, la desviación estándar, la varianza, la desviación media y el coeficiente de variación.

El discurso de presentación del premio Nobel de Física de 1921

A continuación se reproduce el discurso de presentación realizado por el profesor S. Arrhenius, presidente del Comité Nobel de Física de la Real Academia Sueca de Ciencias, el 10 de diciembre de 1922. Lo dejamos tal cual se puede encontrar en la web oficial de los premios para que practiquéis vuestro inglés, lo que nunca está de más, y también para que comprobéis lo asequible que resulta la lectura de textos científicos en este idioma.

Your Majesty, Your Royal Highnesses, Ladies and Gentlemen.

There is probably no physicist living today whose name has become so widely known as that of Albert Einstein. Most discussion centres on his theory of relativity. This pertains essentially to epistemology and has therefore been the subject of lively debate in philosophical circles. It will be no secret that the famous philosopher Bergson in Paris has challenged this theory, while other philosophers have acclaimed it wholeheartedly. The theory in question also has astrophysical implications which are being rigorously examined at the present time.

Throughout the first decade of this century the so-called Brownian movement stimulated the keenest interest. In 1905 Einstein founded a kinetic theory to account for this movement by means of which he derived the chief properties of suspensions, i.e. liquids with solid particles suspended in them. This theory, based on classical mechanics, helps to explain the behaviour of what are known as colloidal solutions, a behaviour which has been studied by Svedberg, Perrin, Zsigmondy and countless other scientists within the context of what has grown into a large branch of science, colloid chemistry.

A third group of studies, for which in particular Einstein has received the Nobel Prize, falls within the domain of the quantum theory founded by Planck in 1900. This theory asserts that radiant energy consists of individual particles, termed "quanta", approximately in the same way as matter is made up of particles, i.e. atoms. This remarkable theory, for which Planck received the Nobel Prize for Physics in 1918, suffered from a variety of drawbacks and about the middle of the first decade of this century it reached a kind of impasse. Then Einstein came forward with his work on specific heat and the photoelectric effect. This latter had been discovered by the famous physicist Hertz in 1887. He found that an electrical spark passing between two spheres does so more readily if its path is illuminated with the light from another electrical discharge. A more exhaustive study of this interesting phenomenon was carried out by Hallwachs who showed that under certain conditions a negatively charged body, e.g. a metal plate, illuminated with light of a particular colour —ultraviolet has the strongest effect— loses its negative charge and ultimately assumes a positive charge. In 1899 Lenard demonstrated the cause to be the emission of electrons at a certain velocity from the negatively charged body. The most extraordinary aspect of this effect was that the electron emission velocity is independent of the intensity of the illuminating light, which is proportional only to the number of electrons, whereas the velocity increases with the frequency of the light. Lenard stressed that this phenomenon was not in good agreement with the then prevailing concepts.

(Continua en la página siguiente)

An associated phenomenon is photo-luminescence, i.e.phosphorescence and fluorescence. When light impinges on a substance the latter will occasionally become luminous as a result of phosphorescence or fluorescence. Since the energy of the light quantum increases with the frequency, it will be obvious that a light quantum with a certain frequency can only give rise to the formation of a light quantum of lower or, at most, equal frequency. Otherwise energy would be created. The phosphorescent or fluorescent light hence has a lower frequency than the light inducing the photo-luminescence. This is Stokes' rule which was explained in this way by Einstein by means of the quantum theory.

Similarly, when a quantum of light falls on a metal plate it can at most yield the whole of its energy to an electron there. A part of this energy is consumed in carrying the electron out into the air, the remainder stays with the electron as kinetic energy. This applies to an electron in the surface layer of the metal. From this can be calculated the positive potential to which the metal can be charged by irradiation. Only if the quantum contains sufficient energy for the electron to perform the work of detaching itself from the metal does the electron move out into the air. Consequently, only light having a frequency greater than a certain limit is capable of inducing a photo-electric effect, however high the intensity of the irradiating light. If this limit is exceeded the effect is proportional to the light intensity at constant frequency. Similar behaviour occurs in the ionisation of gas molecules and the so-called ionisation potential may be calculated, provided that the frequency of the light capable of ionising the gas is known.

Einstein's law of the photo-electrical effect has been extremely rigorously tested by the American Millikan and his pupils and passed the test brilliantly. Owing to these studies by Einstein the quantum theory has been perfected to a high degree and an extensive literature grew up in this field whereby the extraordinary value of this theory was proved. Einstein's law has become the basis of quantitative photo-chemistry in the same way as Faraday's law is the basis of electro-chemistry.

"El trabajo de Einstein sobre el movimiento browniano habría merecido un premio Nobel razonable, el efecto fotoeléctrico un gran premio Nobel, pero la relatividad especial y $E = mc^2$ merecían un superpremio Nobel"

(Frank Wilczek; premio Nobel de Física en 2004)

Un gran discurso

Después de haber leído el discurso de presentación de Arrhenius, con la cita de Frank Wilczek en mente y ahora que ya lo sabes "todo" acerca de la relatividad gracias a las secciones precedentes de esta guía, escribe un discurso de presentación para un ficticio premio Nobel de Física concedido a Einstein por su Teoría de la Relatividad (puedes escoger entre la especial y la general). ¿Te atreverías a escribirlo en inglés?.

7. Bienvenido Mr. Einstein

Einstein sólo se dejó caer una vez por España. Fue en 1923, en plena gira mundial de presentación de la Teoría General de la Relatividad. La visita le llevó a Barcelona, Madrid (en ambas ciudades ofreció tres conferencias que versaban, respectivamente sobre relatividad especial, relatividad general y los problemas actuales de la relatividad) y Zaragoza (dónde sólo dio dos conferencias, dedicadas a la relatividad especial y general). Fiel a su costumbre, Einstein recogió algunos de los sucesos más destacados acontecidos en estos días, así como sus impresiones, en un diario de viaje.

Diario de viaje de Einstein por España, 1923

22-28 de febrero. *Estancia en Barcelona. Mucha fatiga, pero gente amable (Terradas, Campalans, Lana, la hija de Tirpitz), canciones populares, bailes, comida. ¡Ha sido agradable!*

2 de marzo. *Llegada a Madrid. Partida de Barcelona, cálida despedida. Terradas, cónsul alemán y la hija de Tirpitz, etc.*

3 de marzo. *Primera conferencia en la Universidad.*

4 de marzo. *Paseo en coche con los Kocherthaler. Escribí una respuesta al discurso de Cabrera en la Academia. Por la tarde una reunión de la Academia con el rey como presidente. Hermoso discurso del presidente de la Academia. Después, té con una aristocrática señorita.*

5 de marzo. *Por la tarde, reunión de la Sociedad de Matemáticas. Miembro honorario. Discusión sobre la relatividad general. Comida con Kuno (Kocherthaler), visita a Cajal, maravilloso viejo. Seriamente enfermo. Invitación para cenar por Herr Vogel. Amable, humorístico pesimista.*

6 de marzo. *Viaje a Toledo camuflado por muchas mentiras. Uno de los días más hermosos de mi vida. Cielo radiante. Toledo es como un cuento de hadas. Nos guía un entusiasta viejo hombre que al parecer ha producido algunos trabajos importantes sobre el Greco. Las calles y la plaza del mercado, vista de la ciudad, el Tajo con algunos puentes de piedra, cuestas de piedra, agradables planicies, catedral, sinagoga. Puesta de sol con resplandecientes colores en nuestro regreso. Un pequeño jardín con una vista cerca de la sinagoga. Una magnífica pintura del Greco en una pequeña iglesia (entierro de un noble), entre las cosas más profundas que vi. Un día maravilloso.*

7 de marzo. *Doce en punto. Audiencia con el Rey y la Reina Madre. Ella revela su conocimiento de la ciencia. Se ve que nadie le dice a ella lo que él está pensando. El Rey, sencillo y digno, me produjo admiración. Por la tarde, la tercera conferencia en la Universidad. Auditorio atento que seguramente no comprendió casi nada debido a la dificultad de los problemas tratados. Embajador y familia, espléndido, gente íntegra. La fiesta, penosa, como de costumbre.*

8 de marzo. *Doctor honorífico. Auténticos discursos españoles acompañados de fuegos de bengala. El embajador alemán habló sobre el tema de las relaciones hispano-alemanas, largo discurso, pero el contenido era bueno, alemán de cabo a rabo. Nada retórico. Después, una visita a estudiantes de técnica. Hablar y hablar sólo, pero bienintencionado. Por la tarde, una conferencia. Seguidamente, una velada de música en casa de Kuno. Un artista Bordas, tocó el violín espléndidamente.*

9 de marzo. *Viaje a las montañas y Escorial. Un día maravilloso. Por la tarde, una recepción en la Residencia, con discursos por Ortega y por mi.*

10 de marzo. *Prado (contemplación principalmente de obras de Velázquez y Greco). Visitas de despedida. Comida con el embajador alemán. Pasé la tarde con Lina (Kocherthaler) y los Ullman en una primitiva y diminuta sala de baile. Tarde alegre.*

11 de marzo. *Prado (magníficas obras de Goya, Rafael, Fra Angélico).*

12 de marzo. *Viaje a Zaragoza.*

Es innegable que se trata de un resumen escueto que dice poco –más allá de dejar claro que Einstein no era hombre de muchas palabras, al menos cuando escribía- acerca de cómo transcurrió su estancia en España.

Por aquello del azar y la necesidad, durante los trabajos de elaboración de esta obra, nos topamos sobre la mesa con un supuesto cuaderno de viaje escrito por Elsa pero centrado en la persona de su marido, un relato –apócrifo a todas luces, pues fue escrito ex profeso para esta guía a partir de la información existente sobre su visita a España– que puede resultar complementario al brevísimo diario de éste. En él la Sra. Einstein consignaría algunas de las anécdotas acontecidas durante la estancia del matrimonio por estos lares, así como sucesos que su marido obvió mencionar. Ésta es la primera vez, y la última, que se publica el contenido del documento:

Documento apócrifo: Cuaderno de Elsa sobre el viaje a España, 1923

23 de febrero, viernes. Por fin llegamos a Barcelona, en un tren procedente de Toulon donde habíamos desembarcado tras nuestra larga gira por Asia. En la estación no nos esperaba nadie. Lógico, pues Albert no tuvo tiempo de avisar cuándo y en qué tren íbamos a llegar. Sabía que nos habían reservado habitación en un lujoso hotel (luego supimos que era el Hotel Colón, en la plaza de Cataluña), pero tampoco se había preocupado de preguntar en cual. Así que nos alojamos en una modesta pensión, la Cuatro Naciones, de la calle Rambla de Santa Mónica, cerca del puerto. Al rato, mientras él estaba tocando el violín sentado en la cama, el dueño de la pensión llamó a la puerta. Le había reconocido por la foto de los periódicos e insistió en que fuésemos al hotel

donde estaba previsto que nos alojásemos*. Tuvimos problema para contactar con Esteve Terradas, el físico que invitó a Albert a este viaje, y le ofreció 3.500 pesetas por tres conferencias. Este señor es el que confundió reiteradamente el apellido de Albert y le llamó Eisenstein en escritos que publicó hace años. Un lío. Al final, terminamos en el Hotel Colón.

24 de febrero, sábado. Albert dio su primera conferencia en el Palau de la Generalitat. Como siempre, la sala estaba abarrotada. La gente se agolpaba en las puertas. Se expresó como pudo en su francés y lo primero que hizo fue advertir a la audiencia de que "mi relatividad se refiere al movimiento, a la física, no al relativismo filosófico".

25 de febrero, domingo. Visita al monasterio románico de Poblet acompañados por el catedrático de Electrotecnia de la Escuela de Ingenieros Industriales, Bernat Lassaletta y otros. Albert firmó en el libro de visitas del monasterio. En Espluga de Francolí, una población cercana, se hizo una fotografía con un grupo de niños.

26 de febrero, lunes. Segunda conferencia. Visita, con el arquitecto Puig Cadafalch, a las iglesias prerrománicas de Egara, la antigua Terrassa. Acompañado de Esteve Terradas, Albert se entrevistó con el rector y unos catedráticos de la Universidad de Barcelona. Más tarde la Sociedad de Atracción de Forasteros le regaló una publicación ilustrada de Barcelona.

27 de febrero, martes. Tercera conferencia. Al mediodía, recepción en el Ayuntamiento donde el alcalde accidental Enric Maníes se dirigió a Albert en catalán. También estaba Rafael Campalans (político e ingeniero director de la Escuela Industrial). Cuando éste comenzó a explicar su filosofía de un socialismo nacionalista, Albert no pudo dejar de interrumpirle. Entre risas le señaló que eso no concordaba bien y que aunque entendía lo que quería decir haría mejor omitiendo la palabra nacionalismo de su programa, ya que dicho término no se asocia con la lucha de las minorías nacionales oprimidas por conquistar reconocimiento (a lo que él se refería) sino al nacionalismo conservador e imperialista**.

28 de febrero, miércoles. Último día en Barcelona. Campalans ejerció de anfitrión. En la Escuela Industrial organizó una interpretación del baile típico catalán, la sardana. Al terminar nos obsequiaron con varios discos***. A petición propia Albert visitó el puerto a bordo de una canoa. Por la tarde dio una conferencia adicional a las previstas en la Real Academia de Ciencias y Artes sobre las implicaciones filosóficas de la relatividad. A la salida, aceptó acudir a una entrevista organizada por Campalans con una delegación sindicalista encabezada por un tal Ángel Pestaña, anarquista que el año pasado sufrió un atentado. Según me contó, los sindicalistas se definieron como revolucionarios. Tras escucharles con atención, les recomendó que leyesen al filósofo Spinoza. De noche, cena de despedida organizada por Campalans con un menú en latín "relativista".

Otros acontecimientos destacables durante la estancia en Barcelona: Salida nocturna a un cabaret poco frecuentado por los intelectuales. Además Albert ha mantenido interesantes conversaciones con Terradas, catedrático de física, y a quien ya había conocido en Alemania hace 3 ó 4 años. Es un hombre al que califica como extraordinario, de una gran inteligencia y muy original. Considera su cabeza como una de las 6 mejores del mundo.

1 de marzo, jueves. Viaje en tren de Barcelona a Madrid. Un trayecto lleno de sorpresas. En la estación de Zaragoza un grupo de profesores subieron al tren e invitaron a Albert a dar unas charlas en la ciudad antes de irse de España. Albert aceptó la oferta. En Guadalajara subió un reportero del ABC, Andrés Révéscz. Aunque Albert –como es costumbre en él cuando viajamos– había establecido que no concedería entrevistas, entre que el atrevimiento del periodista le hizo gracia y el hecho de que hablaba alemán, al final estuvo hablando con él una hora, hasta que llegamos a Madrid. Yo tuve que intervenir, porque Albert es excesivamente modesto sobre su capacidad como violinista. Aprovechó la ocasión para desmentirle que se hubiera declarado revolucionario ante el sindicalista Angel Pestaña. El diario ABC daba hoy en portada una foto de Albert.

2 de marzo, viernes. Llegada a Madrid. En la estación espera una representación de catedráticos de la facultad de ciencias. Nos alojamos en el Palace, en las habitaciones 375 y 376. Mis primos, Lisa y Kuno Kocherthaler, que viven en Madrid, serán nuestros guías. Visita al laboratorio de Investigaciones Físicas de Blas Cabrera, quien es nuestro anfitrión en la ciudad. Por la tarde Cabrera quería llevarnos a un concierto. Pero Albert le comenta que desearía ver algo más típicamente español y asistimos al teatro Apolo a ver la revista musical "La Tierra de Carmen".

4 de marzo, domingo. Por la tarde, en una sesión solemne celebrada en la Real Academia de Ciencias de Madrid, el Rey Alfonso XIII entregó a Albert el título de académico.

6 de marzo, martes. El diario ABC da en portada la fotografía del acto de ayer con el Rey Alfonso XIII. Viajamos a Toledo en compañía de mis primos Lina y Kuno, el filósofo José Ortega y Gasset, el historiador Bartolomé Cossío y otras personas, pero sin ser perseguidos por los periodistas gracias a un engaño: se había informado que iríamos el fin de semana. Albert disfrutó enormemente de la jornada.

En los días pasados en Madrid Albert ha tratado con Tomás Rodríguez Bachiller, un joven estudiante licenciado en matemáticas quien se encargó de preparar los resúmenes de sus conferencias para el periódico "El Debate". Fueron los únicos resúmenes aparecidos en la prensa española con números y fórmulas. Cada vez que salía uno publicado el joven le traía un recorte. Albert le ha confesado que en ningún otro país del mundo se había hecho tan bien. Para Albert lo más gracioso es que, según le ha contado el joven, sus resúmenes los publica un periódico desde el que se atacó la Teoría de la Relatividad.

También hemos sabido que una editorial ha aprovechado la visita de Albert para anunciarse en prensa recomendando los libros sobre física y relatividad que han publicado como la mejor forma de comprender sus teorías.

7 de marzo, miércoles. Hoy fuimos recibidos en Palacio por el Rey y la Reina Madre, en una audiencia donde estaban el rector de la Universidad Central, el químico José Rodríguez Carracido, Blas Cabrera y otros. Albert dio la última de las conferencias previstas. Otra vez abarrotada de público. Los aplausos parecían interminables.

8 de marzo, jueves. Albert es investido doctor honoris causa por la Universidad Central de Madrid.

9 de marzo, viernes. Por la mañana fuimos al Escorial. Por la tarde, Albert dio una conferencia en la Residencia de Estudiantes, donde fue presentado por Ortega y Gasset. En esa presentación el amable filósofo dijo que "el principio de la relatividad es una nueva forma de pensar, que no es empirismo ni racionalismo, germen de una nueva cultura". Luego él fue traduciendo la conferencia de Albert al español.

12 de marzo, lunes. Llegada a Zaragoza. Esperan en la estación el rector de la universidad, Ricardo Royo Villanova, el físico Jerónimo Vecino, el cónsul alemán y el químico Antonio Rocasolano que investiga sobre el movimiento browniano. Nos alojamos en el Hotel Universo. Por la tarde Albert imparte la primera conferencia. Después acudimos con el cónsul alemán Herr Freudenthal al consulado donde cenamos. Albert tocó el violín acompañado al piano. Se realizó un brindis por la prosperidad de España y Alemania.

13 de marzo, martes. Turismo matutino por la ciudad. Catedral del Pilar, la Lonja (mercado medieval) y el palacio de la Aljafería. Albert opina que la arquitectura es impresionante y se refiere a los monumentos como robustos y elocuentes. Comida en el Casino Mercantil. Tras el banquete el catedrático de griego Domingo Miral realizó una pequeña intervención en alemán que Albert consideró corta pero muy desafortunada por sus palabras de elogio hacia Alemania y su confianza en la vitalidad de los alemanes. Albert prefirió responder con un comentario diplomático acerca de que Zaragoza es la ciudad donde más ha percibido el espíritu español.

Por la tarde, ofreció la segunda conferencia sobre la Relatividad General. Había muchos menos asistentes que a la primera. Según Albert, posiblemente porque la mayoría no han entendido nada, lo que demuestra que los habitantes de Zaragoza son más honestos que los de Barcelona y Madrid. Al finalizar la conferencia, Royo-Villanova anunció que la pizarra con las fórmulas y los dibujos de la exposición no se va a borrar y se conservará para tener un recuerdo perenne del paso de Albert por la universidad. Albert firmó en el encerado ****. Luego el rector le dedicó

unas extravagantes y elogiosas palabras que no me resisto a reproducir: "Se ha dicho que para entenderos es necesario leeros a vos mismo, pero es mejor escucharos, porque el contorno de vuestra cabeza vestida de artística cabellera y animada por una mirada de tan luminosa serenidad, ayuda a la comprensión". Antes de levantarse la sesión una delegación de alumnos ofreció a Albert una suma de dinero reunida entre todos los estudiantes como contribución para aliviar el sufrimiento de sus homólogos alemanes. Un bonito gesto. Cena con el cónsul. Luego, fuimos al teatro Principal a ver una zarzuela: "La viejecita."

14 de marzo, miércoles. Es el cumpleaños de Albert. Ya son 44. Por la mañana visitamos el laboratorio de Antonio Rocasolano en la Escuela de Zaragoza. También varias aulas, interrumpiendo las clases. Comida en el hotel con el pianista Emil Sauer, que está en la ciudad por casualidad. Curiosa coincidencia. A los postres se nos obsequia con una rondalla. Dos baturricas jóvenes cantan y bailan. Albert se fotografía con una pequeña jotera en el regazo. Regreso a Berlín en tren.

* Cuando los periodistas le preguntaron a Einstein por qué se había ido a una pensión les explicó que él era un ciudadano modesto y que por tanto había escogido un alojamiento que correspondía a su categoría. Por cierto, a él le disgustaba el término "nosotros" y prefería hablar de sí mismo y Elsa por separado. De hecho, le exigió a ella que no emplease la primera persona de plural para referirse a ambos en común. Tras leer este cuaderno parece que Elsa en sus documentos privados no cumplía con esta exigencia.

** Aquella charla política debió causar honda impresión en Campalans, pues en un discurso que pronunció en las Cortes de la Segunda República rememoró esa conversación para explicar por qué había decidido omitir el concepto "Nacionalista" de su plataforma política. Además, bautizó a su hijo como Albert.

*** En una carta que Einstein dirigió a Adolfo Marx en Barcelona, en mayo de 1934, le mencionó que a menudo disfrutaba escuchando aquellos discos que le regalaron.

**** Un decenio después, cuando las tensiones sociales y políticas previas a la guerra civil aumentaron, Ricardo Royo, que era conservador, cambió de opinión sobre el encerado y sobre su autor, por lo que ya no se conserva.

Honorarios

Einstein cobró 7.000 pesetas por sus charlas en Barcelona y Madrid (la visita a Zaragoza no se incluye en estos honorarios porque surgió sobre la marcha, nunca mejor dicho). Esta cantidad representaba el doble del salario anual de un profesor universitario español.

Busque, compare y si encuentra algo mejor…cobre

Compara la cantidad percibida por Einstein por sus conferencias en Madrid y Barcelona con otras cantidades monetarias mencionadas en esta guía: el premio del Nobel, el sueldo que percibía en la Oficina de Patentes, lo que cobraba en Berlín o lo que percibía en Princeton. Compara estos honorarios con los sueldos actuales de un trabajador medio, de un gran científico, del presidente del gobierno, de un futbolista y también con lo que cobran los actores por una película, los cantantes por un concierto o los escritores por un libro. Para ello, echa mano de los conversores monetarios que se pueden encontrar en Internet y que tienen en cuenta la moneda y la época.

"Personalmente, experimento el mayor grado de placer al estar en contacto con obras de arte. Me proporcionan sentimientos felices de una intensidad que no obtengo de otros campos"

(1920)

7.1. El Instituto (virtual) Einstein

¿Te imaginas estudiar física en un Instituto Einstein, fundado en Madrid ex profeso para que el autor de la Relatividad prosiguiese con su trabajo y del que hubiese sido primer director? Pues tal posibilidad estuvo cerca de concretarse. Esta es la historia de un centro que finalmente no llegaría a hacerse realidad.

Cuando el 10 de marzo de 1933 Einstein anunció desde California su decisión de no volver a Alemania y continuar su trabajo en otro país (Véase Un judío en la vorágine del siglo), el gobierno republicano español tomó en tiempo récord la decisión de ofrecerle una cátedra extraordinaria en la Universidad de Madrid, así como la dirección de un futuro Instituto de Física Teórica en el que podría continuar sus investigaciones. La operación tenía una doble finalidad política y científica: política pues el gobierno español reforzaba su imagen liberal de cara al exterior; y científica porque atraía a España a la mayor figura científica del momento. Sólo seis días después, el 10 de abril, Einstein dirigía un telegrama al ministro de Instrucción Pública, Fernando de los Ríos, aceptando la propuesta. El problema era que en este tipo de cuestiones la palabra de Einstein no era muy de fiar,

porque ya había aceptado otras ofertas (en algunos casos con bastante antelación) y aún aceptaría alguna más que le realizaron a posteriori (Véase Una agitada trayectoria profesional).

Las negociaciones continuaron durante los meses siguientes, en el curso de los cuales y vistas las reticencias de Einstein a instalarse de forma definitiva en España (confirmadas cuando en octubre marchó a vivir a Princeton) acabaron por tomar otro rumbo. Se planteó entonces una alternativa interesante, sugiriéndose a Einstein que podría nombrar un profesor de su confianza que ejerciese de director permanente del centro, mientras que él acudiría durante breves periodos cada año. Entre los candidatos propuestos por Einstein figuraban científicos de la talla de Walter Mayer, Max von Laue (premio Nobel en 1914), Max Born (Nobel en 1954) o Leopold Infeld. El asunto vivió un momento de incertidumbre con el cambio político que se produjo en enero de 1934 y que supuso la formación de un gobierno de derechas. No obstante, el 14 de abril de ese mismo año el nuevo gobierno ratificó la oferta y aprobó un presupuesto de 27.000 pesetas para la cátedra, asumiendo además la contratación de un profesor asistente y dándole a Einstein la libertad de acudir cuando le viniese bien. Sólo se le exigían dos requisitos: el nombramiento de un ayudante y su presencia en Madrid para tomar posesión del cargo antes de poner en marcha el proyecto. Al final estas exigencias supondrían el fracaso de la operación. Por un lado los sucesivos candidatos propuestos por Einstein, ante la dilación del asunto, aceptaron ofertas de otras instituciones. Por otro, él mismo se resistía a acudir a España por una mezcla de dejadez y desconfianza hacia los nuevos dirigentes. No se debe obviar que en la aceptación de la oferta española había tenido mucho que ver el apoyo que según Einstein el anterior gobierno ofrecía a los judíos alemanes; mientras que ahora pensaba, como manifestó en su correspondencia con los intermediarios que gestionaban la oferta, que el gobierno conservador sólo buscaba publicidad, y que su apoyo era más bien una pose. Finalmente, entre dimes y diretes que se prolongaron hasta principios de 1935, el ambicioso proyecto del Instituto Einstein se perdió en el limbo.

Ratón* de hemeroteca

Acude a alguna de las hemerotecas de tu ciudad y averigua cómo recogió la prensa la visita de Einstein a España y la posible fundación del instituto que habría de llevar su nombre. Y ya que estás, puedes consultar qué apareció publicado en los diarios patrios en otras fechas señaladas de la vida del físico, como el anuncio de los resultados de la expedición del eclipse o la concesión del premio Nobel. Como se trata de un volumen de trabajo considerable podéis repartiros la tarea entre todos y luego poner en común los resultados. *Entiéndase como un rato largo.

Ciencia hispana

¿Cuál era la situación de la ciencia, y más en concreto de la física, en España en la década de los años veinte y treinta? ¿Quiénes eran los científicos más importantes y a qué se dedicaban?.

Otro ratón (este de ordenador)

Busca en Internet centros de estudios o de investigación, institutos, escuelas, etc. que lleven el nombre de Einstein. ¿Hay alguno en tu ciudad? ¿Y en España?.



Figura 35:: Albert Einstein conversando con el Dr. Walther Mayer.





8. Einstein y la cuántica

"Cuanto más éxito tiene la teoría cuántica, más absurda parece" (1912)

"He dedicado cien veces más tiempo a pensar en los problemas cuánticos que en la Teoría de la Relatividad General"

(citado por Otto Stern y recogido por Pais en Einstein, Newton and success)

Atención, las autoridades sanitarias (en concreto las que se encargan de la salud mental) recomiendan tener muy presentes los siguientes puntos:

1. La física cuántica es tremendamente contraintuitiva debido a que las leyes que gobiernan el mundo subatómico son muy diferentes de las que rigen en el mundo macroscópico que percibimos con los sentidos.

2. Niels Bohr, uno de los padres de la física cuántica, dijo en una ocasión que una persona que no se escandalizase al oír explicar por primera vez la teoría cuántica es que no entendía lo que se le había dicho. Y en la década de los sesenta otra eminencia en la materia, Richard Feynman, escribió: "Como el comportamiento atómico es tan distinto de la experiencia ordinaria resulta muy difícil acostumbrarse a él y nos parece extraño y misterioso, tanto al aprendiz como al físico experimentado". Así que tómatelo con filosofía.

3. Cuando te asalte la tentación de saltarte este apartado, que te asaltará, y varias veces, reprímete pensando que la cuántica tiene aplicaciones en casi todas las ramas de la ciencia contemporánea, y en especial en las nuevas tecnologías. Además de permitir estudiar la estructura de los átomos y su comportamiento, es la base de los transistores y circuitos integrados presentes en casi todos los aparatos electrónicos cotidianos.

Chipspazos de información

Entre este grupo de objetos, muchos de ellos presentes en la mayoría de los hogares actuales, sólo unos pocos no incorporan chips. Identifícalos:

Lista de objetos:

teléfono móvil, ordenador, coche, lámpara, horno microondas, lavadoras programables, secador, tarjetas de crédito, calculadora, pila, mando a distancia, reloj-despertador, marcapasos, audífono, altavoz.

"Las observaciones asociadas con la radiación del cuerpo negro, fluorescencia, producción de rayos catódicos mediante luz ultravioleta y otros fenómenos relacionados, todos ellos conectados con la emisión o transformación de la luz, se entienden más fácilmente si uno supone que la energía de la luz está distribuida espacialmente de forma discontinua"

(en su artículo de 1905 titulado Sobre un punto de vista heurístico relativo a la producción y transformación de la luz)

"Esta cuestión cuántica es tan increíblemente importante y difícil que todo el mundo debería estar preocupado por ella"

(1908)

8.1. En busca de la explicación perdida

Con el primero de sus artículos de 1905, dedicado a la naturaleza de la luz, Einstein inició una revolución en la ciencia todavía más importante que la provocada por la relatividad y que iba a capitalizar la física durante las dos décadas siguientes: la revolución cuántica.

El concepto de cuanto había sido introducido un lustro antes por Max Planck para explicar el espectro de radiación de un cuerpo candente, que era uno de esos fenómenos relacionados con la emisión y absorción de la luz que la física clásica aún no había conseguido aclarar. Planck demostró que dicho fenómeno podía justificarse asumiendo que los átomos que constituían el cuerpo, al vibrar en sus posiciones, no irradiaban energía de forma continua, sino que lo hacían de un modo discreto o "cuantizado". Es decir, que la radiación emitida se comportaba como un conjunto de paquetes individuales de energía a los que denominó cuantos, y cuyo contenido energético dependía de la frecuencia de la radiación. Cuanto mayor era la frecuencia, mayor era el contenido de energía de sus cuantos. Esto sonaba raro, especialmente a Planck, que era un físico de la vieja escuela y que sólo aceptaba el modelo en la medida en que se ajustaba a los datos experimentales y no disponía de otra explicación mejor. En el fondo, para él la cuantización sólo era una solución formal, un "truco" que permitía abordar el estudio del problema.

Sin embargo, Einstein sí estaba dispuesto a tomar los cuantos de Planck como entidades "reales". Postuló que la cuantización de la energía sería lo lógico si la radiación se interpretaba como un conjunto de partículas discretas con un contenido determinado de energía –los hoy familiares fotones–, en lugar de como una onda electromagnética continua. Demostró que partiendo de esta hipótesis era posible explicar el efecto fotoeléctrico, otro de esos fenómenos que todavía escapaban a la física clásica. La visión corpuscular de la luz expuesta por Einstein era poco menos que un sacrilegio, ya que cuestionaba la hasta entonces incuestionable naturaleza ondulatoria de aquella establecida por Maxwell.

Einstein explicaba la cuantización recurriendo al ejemplo de un barril de cerveza cuyo contenido sólo podía dispensarse en botellas de un cuarto de litro. Supongamos que el barril de cerveza posee un dispositivo automático que permite tirar cañas con un determinado volumen, a imagen y semejanza de las maquinas expendedoras de café.

La máquina sólo puede servir de cada vez una cantidad concreta de cerveza, es decir, un cuanto. Desde el punto de vista de Planck el barril estaría lleno de cerveza “continua, y la cuantización sólo sería una consecuencia de la forma en que opera el dispositivo expendedor. Sin embargo, según Einstein, al abrir el barril descubriríamos que está lleno de pequeños volúmenes individuales de un cuarto de litro de cerveza. Según Einstein la cuantización surgía de la propia naturaleza de la luz, que estaría formada por unidades discretas. Para que te hagas una idea de la que se estaba liando, baste decir que un par de años después el propio Planck escribió una carta de recomendación para Einstein en la que solicitaba que no se tuviesen en cuenta sus “desvaríos” sobre los cuantos a la hora de valorar sus aptitudes para el puesto.

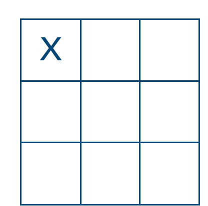
Sin embargo, esos desvaríos invitaban a reflexionar, ya que si la cuantización permitía explicar fenómenos como la radiación de un cuerpo candente y el efecto fotoeléctrico que la física clásica no había sido capaz de explicar, ¿no sería la clave para descifrar otros fenómenos “inexplicables”? Siguiendo este razonamiento Niels Bohr introdujo la cuantización en la materia al proponer un modelo para el átomo en el que los electrones alrededor del núcleo sólo podían encontrarse en unas órbitas con valores de energía determinados, y que al saltar de una órbita a otra emitían o absorbían radiación en forma de cuantos. Las ideas de Planck y Einstein habían sembrado el terreno pero fue el modelo atómico de Bohr el que supuso el auténtico nacimiento de la física cuántica, disciplina a la que Einstein haría importantes aportaciones. En 1916 demostró que la presencia de fotones de una determinada frecuencia en un medio lleno de átomos estimulaba a éstos a emitir más fotones con las mismas características, fenómeno que constituye el fundamento del láser. Además, tenía un talento especial para reconocer el talento en los científicos jóvenes, y en 1919 llamó la atención sobre la tesis doctoral de un tal Louis de Broglie, quien llegaría a la conclusión de que si la luz se comporta a veces como un chorro de partículas, a su vez las partículas materiales también deberían tener propiedades ondulatorias. Años después volvió a hacer lo mismo con el primer artículo de Schrödinger, que en su opinión era digno de un genio. Ambos acabarían recibiendo el premio Nobel, en 1929 y 1933 respectivamente. En 1923 recibió un artículo de un desconocido físico hindú llamado Satyendra Nath Bose, en el que exponía una novedosa forma de hacer estadística cuántica. Le impactó tanto que él mismo lo tradujo al alemán y lo envió a una prestigiosa revista para su publicación. Posteriormente aplicó la estadística de Bose a partículas materiales, en concreto a las moléculas constituyentes de un gas, lo que le permitió predecir la existencia de un nuevo estado de la materia: el condensado Bose-Einstein.

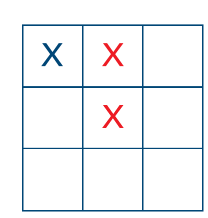
Las leyes de Feynman

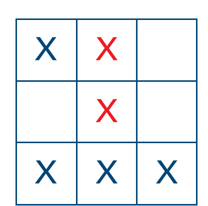
En cierta ocasión el gran físico Richard Feynman –imprescindible su libro *¿Está usted de broma Sr. Feynman?*– comentó que descubrir las leyes de la física es como tratar de aprender las reglas del ajedrez a base de observar partidas. Vemos que los alfiles permanecen siempre en casillas del mismo color y lo anotamos como una ley del ajedrez. Después descubrimos una ley mejor: los alfiles se mueven en diagonal. Como las casillas en diagonal son siempre del mismo color, hemos explicado la primera observación: la nueva ley es una mejora, es más simple y a la vez explica más cosas. En física, la teoría de la gravitación de Einstein representa una mejora similar respecto a las leyes de Newton, y lo mismo sucedió cuando las leyes de Maxwell se ampliaron para incorporar la naturaleza corpuscular de la luz.

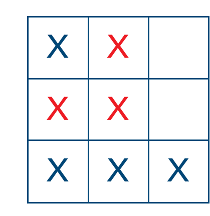
En este juego no se pide que deduzcas una ley física, pero sí las reglas de un juego "de tablero" bastante más sencillo que el ajedrez a partir de la observación de las siguientes tres partidas. El juego es para dos jugadores, en este caso Rojo y Negro.

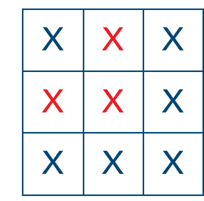
PARTIDA 1





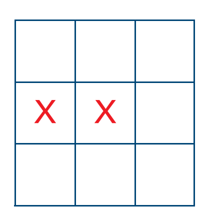


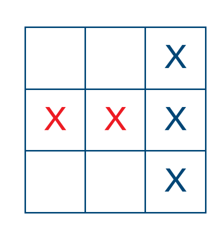


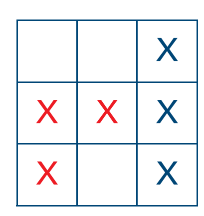


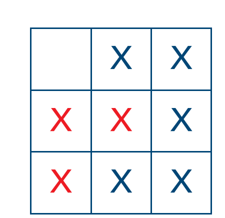
Resultado: **Gana el negro.**

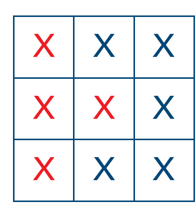
PARTIDA 2







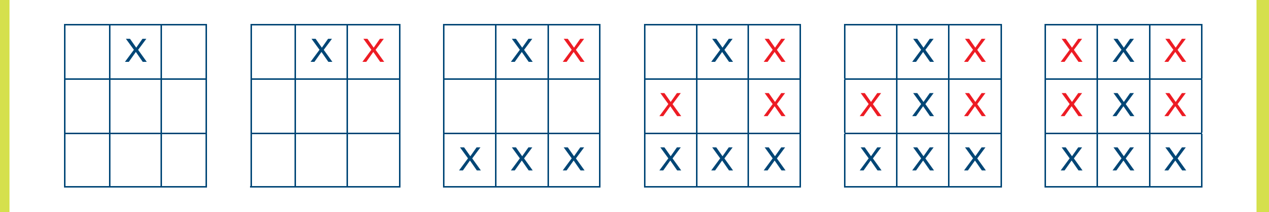




Resultado: **Gana el rojo.**

(Continua en la página siguiente)

PARTIDA 3

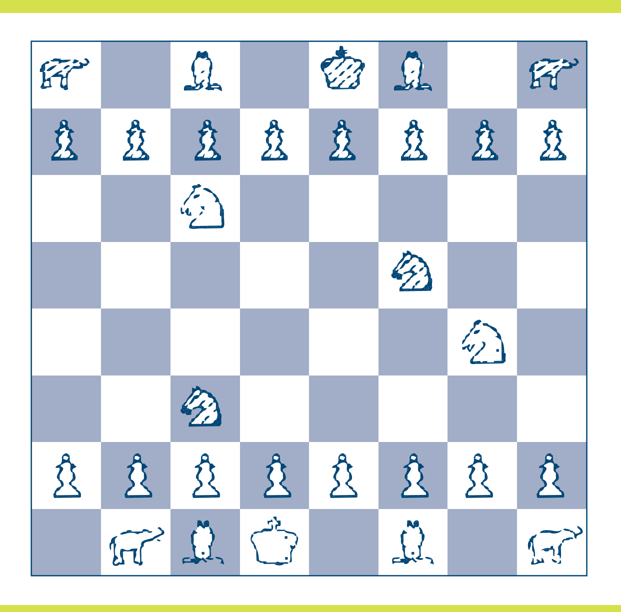


Resultado: **Gana el rojo.**

El ajedrez de Smullyan

Tal como y como sucedió con la introducción del concepto de cuanto, el conocimiento de una ley física permite explicar ciertos fenómenos. Una aserción que trasladada al tablero de ajedrez de la analogía de Feynman implica que cuando conocemos las reglas que gobiernan el juego podemos averiguar ciertos aspectos de una partida, por ejemplo cuál fue el último movimiento y quién lo realizó.

A continuación se reproduce "El misterio del ajedrez indio" incluido en la colección *Juegos y problemas de ajedrez para Sherlock Holmes* del lógico Raymond Smullyan. Se trata de un problema de retroanálisis y el reto consiste en determinar qué jugador realizó el primer movimiento. Recuerda que el juego original es en un ajedrez indio, en el que los elefantes actúan como nuestras torres y se juega sin reinas.



“Admiro enormemente los logros alcanzados por la joven generación de físicos guiados por la mecánica cuántica y creo en el profundo nivel de verdad de esta teoría; pero creo que la restricción a leyes estadísticas debe ser superada”

(1929)

8.2. Albert Einstein y el “templo” maldito

El “templo” en cuestión era la Universidad de Copenhague, que bajo la dirección de Bohr se había erigido en el centro pionero en la investigación cuántica y desde donde en 1926 Heisenberg enunció su “principio de incertidumbre”, que dice que en un instante dado no podemos determinar con total precisión la posición y la velocidad de una partícula, sino que estas medidas siempre vendrán acompañadas de una cierta indeterminación. Cuanta mayor sea la precisión con que determinemos la posición de la partícula, menor será la precisión con que podremos medir su velocidad y viceversa. La idea fundamental, la verdadera esencia del principio de Heisenberg, radica en que esta incertidumbre no depende de los instrumentos ni de los procedimientos que se empleen en las medidas, ni siquiera del tipo de partícula. Es una limitación intrínseca e insuperable de la naturaleza. Un ejemplo para verlo más claro: si las leyes de la cuántica se manifestasen a escala macroscópica un guardia de tráfico nunca podría multar a un conductor por exceso de velocidad al no poder conocer con exactitud la velocidad a la que circulaba y el punto kilométrico en el que cometió la infracción. Si determinase su velocidad no podría indicar el lugar exacto, y sólo podría decir que fue, por ejemplo, entre el kilómetro 500 y el 600 de la carretera. Y si estableciese con la suficiente precisión su posición, lo más que podría decir sobre su velocidad es que su valor estaba comprendido en cierto rango, digamos que entre 50 y 150 km/h.

Por suerte la magnitud de ese grado de incertidumbre es tan pequeña –viene dada por la constante de Planck, que es del orden de 10^{-34}– que los efectos cuánticos no son apreciables en nuestro mundo cotidiano, por lo que un guardia de tráfico no tiene ningún problema para multar a un conductor por circular a 140 Km/h en el kilómetro 560 de la carretera. Con el principio de incertidumbre como piedra angular, Heisenberg, Schrödinger y Dirac formularon la mecánica cuántica, una teoría formal para la física cuántica cuya principal característica es que en lugar de decirnos dónde estará una partícula en un momento dado, sólo nos indica la probabilidad de que se encuentre allí.

Esta interpretación probabilística resultaba intolerable para el propio Einstein, que no estaba dispuesto a asumir este indeterminismo y se volvió contra la disciplina que él mismo había contribuido a poner en marcha. Einstein dejó claro su nuevo posicionamiento frente a la cuántica en una carta a Max Born en diciembre de 1926: “La mecánica cuántica obliga a que se la respete. Pero una voz interior me dice que todavía no es la cosa real. La teoría nos aporta muchas cosas, pero apenas nos acerca al secreto del Viejo. De todas maneras yo estoy convencido de que Él no juega a los dados” (cita que, como se habrá adivinado, es el origen del famoso aforismo sobre Dios y los dados). Lo más curioso es que, según Heisenberg, fue el propio Einstein quien le inspiró el principio de incertidumbre tras una breve conversación que mantuvieron en 1926 y que transcurrió, si la memoria no le engaña, en los siguientes términos:

- *¿Pero en serio cree usted que en física teórica sólo deben considerarse magnitudes observables?* –le preguntó Einstein.

- *¿No es precisamente lo que ha hecho usted con la relatividad?* Después de todo usted puso énfasis en el hecho de que no era permisible hablar de tiempo absoluto.

- Posiblemente utilicé ese tipo de razonamiento, pero es totalmente absurdo. En principio es bastante erróneo tratar de establecer una teoría solamente sobre magnitudes observables. En la realidad sucede todo lo contrario. Es la teoría quien decide lo que podemos observar –zanjó Einstein proporcionando a su interlocutor la inspiración que le llevaría al principio de incertidumbre.

Sea como fuere, la oposición de Einstein dio lugar a algunos debates memorables, como los que mantuvo con Bohr durante más de treinta años, y que se prolongarían incluso tras la muerte del primero, lo que no impidió a Bohr siguió formulando réplicas a las pegas de su difunto interlocutor. Cada vez que Einstein señalaba una objeción a la mecánica cuántica ponía en evidencia sus puntos débiles y ayudaba a subsanarlos, de modo que sus ataques no sólo no lograron desmontar la teoría, sino que contribuyeron a reforzarla. Su ataque final llegó en 1935 de la mano del artículo titulado ¿Puede la descripción de la realidad física dada por la mecánica cuántica considerarse completa?, escrito junto a Boris Podolsky y Nathan Rosen, en el que formulaban sus objeciones a la teoría resumidas en la paradoja de Einstein-Podolsky-Rosen (o también paradoja EPR). A partir de entonces prefirió alejarse de la polémica para buscar en solitario una teoría alternativa que nunca llegaría a completar.

La paradoja EPR

La mecánica cuántica predice la existencia de ciertos pares de partículas subatómicas que pueden saber instantáneamente cada una de ellas cuál es el estado de la otra, incluso en el caso de que estén separadas por distancias considerables. Sus propiedades están relacionadas, siendo las de una complementarias de las de la otra. Supongamos, por ejemplo, que las dos partículas vienen representadas por dos monedas, de tal forma que cuando las lanzamos al aire una siempre cae mostrando la cara y la otra mostrando la cruz. Si lanzamos las monedas y conseguimos separarlas mientras aún están volando nos parecerá que cuando la primera llegue al suelo la información de lo que ha salido –pongamos que sea cara– viaja de forma instantánea hasta la otra, puesto que ésta debe necesariamente salir cruz. En caso de que las hubiésemos separado lo suficiente, esa información parecería viajar de una moneda a otra a una velocidad superior a la de la luz, violando así los postulados de la Teoría de la Relatividad.

Einstein, Podolsky y Rosen partieron de este argumento para postular su famosa paradoja, que establece que las tres condiciones siguientes no pueden ser ciertas a la vez:

1. Un sistema físico no puede actuar a distancia sobre otro sin mediar interacción por alguna de las vías conocidas.

2. Ninguna información puede viajar más rápido que la luz.

3. La mecánica cuántica es una teoría completa y satisfactoria.

Con este enunciado tan formal querían indicar que algo fallaba en la mecánica cuántica, ya que esta teoría predice la existencia de partículas que son capaces de "comunicarse" entre sí de forma instantánea, lo que desde el punto de vista de la relatividad es imposible.

¿Con casi toda probabilidad?

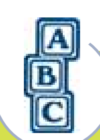
No deja de ser lógico que la tremendamente contraintuitiva mecánica cuántica se "exprese" en términos de probabilidad, pues ésta es en sí misma también muy contraintuitiva. Vamos a comprobarlo con un par de juegos:

1. ¿Cómo dirías que es la probabilidad de que en un grupo de 23 personas dos de ellas celebren su cumpleaños el mismo día? Pues ahora calcúlala. ¿Coincide tu intuición con lo que dicen las matemáticas?.

2. El "problema de Monty Hall" está inspirado en el nombre del presentador de un programa de televisión. Supón que estás en un concurso y tienes que escoger entre tres puertas. Detrás de una de ellas hay un coche, y detrás de las otras dos hay sendas cabras. Escoges una puerta, digamos la 1, y el presentador, que sabe lo que hay detrás de las puertas, abre otra, digamos la 3, que contiene una cabra. Entonces te pregunta: "¿No prefieres escoger la 2?". ¿Cambiarías tu elección o la mantendrías?.

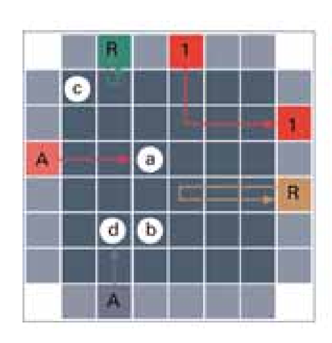
Cuanto más va uno detrás de lo cuantos, mejor parecen ocultarse"

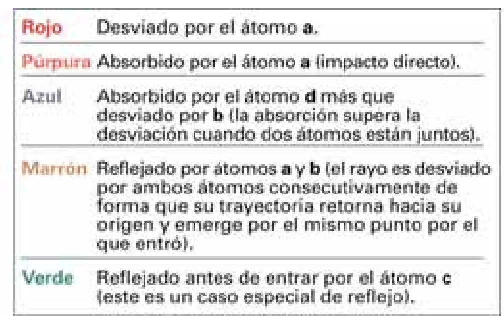
(1924)



¡Menuda incertidumbre!

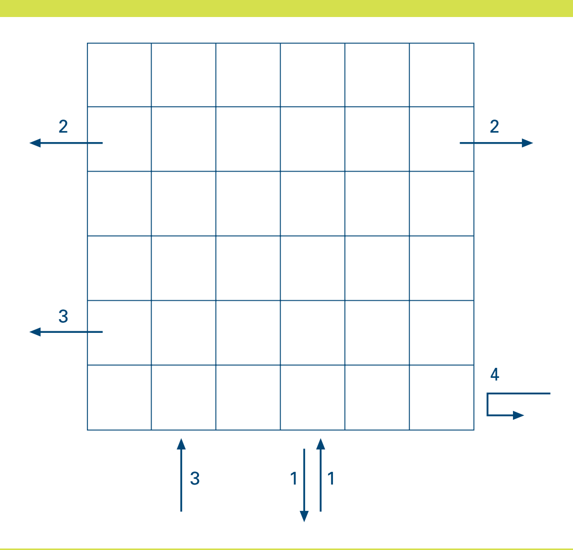
Aunque en este caso la incertidumbre no se debe a cuestiones cuánticas, sino a la esencia del juego de estrategia *Blackbox* ideado por Eric W. Solomon en 1977. El juego original es similar a *Hundir la flota.* Consiste en colocar en el tablero (la caja negra) una serie de átomos. El rival debe disparar fotones y adivinar la posición de los átomos en el tablero en función de lo que les sucede a los fotones dentro de la caja negra. La única información de la que dispone el jugador es la posición por la que entra el fotón, la posición por la que sale (o si no sale) y lo que le puede suceder al fotón dentro de la caja, algo que se muestra en el siguiente esquema:





Rojo	Desviado por el átomo **a**.
Púrpura	Absorbido por el átomo **a** (impacto directo).
Azul	Absorbido por el átomo **d** más que desviado por **b** (la absorción supera la desviación cuando dos átomos están juntos).
Marrón	Reflejado por átomos **a** y **b** (el rayo es desviado por ambos átomos consecutivamente de forma que su trayectoria retorna hacia su origen y emerge por el mismo punto por el que entró).
Verde	Reflejado antes de entrar por el átomo **c** (este es un caso especial de reflejo).

En el juego original el tablero tiene 8 cuadros de lado, hay que colocar cinco átomos y ambos jugadores se alternan a la hora de disparar fotones. Pero antes de que te pongas a jugar con un compañero prueba a resolver este caso simplificado: una caja negra de 6x6 casillas en la que hay 4 átomos ocultos y a través de la que se han disparado 4 fotones. Suficientes para averiguar dónde están los átomos.



“Una teoría es tanto más impresionante cuanto mayor sea la simplicidad de sus premisas, cuantas más clases de cosas explique y cuanto más extensa sea su área de aplicación”

(En sus Notas autobiográficas; 1946)

8.3. Albert Einstein y la última cruzada

Tras desarrollar la gravitación en la Teoría General de la Relatividad, Einstein se embarcó en la búsqueda de una teoría aún más general que englobase también al electromagnetismo. Tenía la intuición de que debería ser posible describir el electromagnetismo y la gravitación como consecuencias de una estructura más “amplia”, de modo similar a como la Teoría General de la Relatividad había permitido describir la gravedad como consecuencia de la geometría del espacio-tiempo. En 1922 escribió su primer artículo sobre el tema, y a raíz de su ruptura con la cuántica intensificó la búsqueda, pues consideraba que su ansiada teoría permitiría explicar perfectamente el comportamiento de cada átomo individual sin necesidad de recurrir a “apaños” probabilistas.

Einstein consagró el resto de su vida a la consecución de este esquivo objetivo, realizando múltiples intentos desde diversos enfoques, todos ellos en vano. Pese a ello en ningún momento arrojó la toalla y su tesón le llevó a seguir trabajando en sus cálculos incluso en el lecho de muerte, aunque ya hacía tiempo que sabía que no alcanzaría el objetivo. Entre las razones que justifican su recurrente fracaso destaca su progresivo aislamiento, que le mantuvo al margen de avances que le podrían haber ofrecido nuevas ideas. Por otro lado, la edad debilitó su instinto y el resto de sus capacidades, incluida su habilidad para las matemáticas. Además, su creciente implicación en cuestiones políticas y sociales le robaba tiempo y suponían una constante distracción a la hora de trabajar. Finalmente, es probable que Einstein fuese demasiado adelantado –todavía más que de costumbre– a su tiempo, ya que entonces no existían muchos de los conocimientos y herramientas de las que hoy disponen los científicos que continúan a la búsqueda del Santo Grial einsteiniano.

“Todavía estoy peleándome con los mismos problemas que hace diez años. He tenido éxito en pequeños aspectos pero el objetivo real permanece inaccesible, incluso cuando en ocasiones ha parecido estar palpablemente cercano. Es duro y al mismo tiempo provechoso: duro porque el objetivo está más allá de mis capacidades, pero provechoso porque eso hace a uno inmune a las distracciones de la vida diaria”

(1937)

“La teoría de campo unificada tiene que ser puesta en la reserva. Es tan difícil de tratar matemáticamente que no he sido capaz de verificar algunos aspectos a pesar de todos mis esfuerzos. Esta situación se mantendrá sin duda durante muchos más años, principalmente porque los físicos tienen poco entendimiento para los argumentos lógico-filosóficos”

(1951)

“Sigo atrapado en las mismas dificultades matemáticas que me han impedido confirmar o refutar mi teoría general relativista de campo…No los resolveré nunca; serán olvidados y más adelante deberán ser descubiertos otra vez”

(1948)



Criptografía cuántico-griálica

Por un lado, la criptografía cuántica es una de las aplicaciones más interesantes de la física cuántica, y su fortaleza descansa sobre la conjunción de dos de esas características que hacen que esta teoría sea tan poco intuitiva: la imposibilidad de obtener información de un sistema cuántico sin perturbarlo, y la existencia de pares de partículas “enredadas”; esto es, partículas en las que las propiedades de cada una de ellas dependen de las de la otra independientemente de la distancia que las separa. Por otro lado, la búsqueda del santo Grial –aunque uno bien distinto al de Einstein– es el leit motiv de la popular novela El código da Vinci, cuya trama avanza bajo el impulso de una serie de enigmáticos mensajes que sus protagonistas deben descifrar.

Ambos “lados” convergen en este juego, que presenta un par de mensajes secretos íntimamente relacionados con Einstein y su trabajo. ¿Eres capaz de romper el código?.

Mensaje 1:

7 - 9 - 2 - 9 - 5 - 4 - 2 - 9 - 8   ¡Linces ohm! ¡Ola mental!

Mensaje 2:

$E = mc^2$ => NEPKEBIQWJKTBUV

Una lectura catártica

Uno de los momentos cumbre en la historia de la física cuántica se dio durante una discusión protagonizada por dos de los grandes monstruos de esta rama de la ciencia, Wolfgang Pauli y Niels Bohr, en el marco de una conferencia pronunciada por el primero en la Universidad de Columbia en 1958. En ella presentaba una teoría que había elaborado junto a Heisenberg, basada en una única ecuación que según sus autores resolvía todos los problemas que quedaban pendientes en el campo de las partículas elementales. Nada mejor que ceder la palabra a Jeremy Bernstein, uno de los asistentes, para que relate lo sucedido:

"La audiencia estaba salpicada de pasados, presentes y futuros ganadores del premio Nobel, incluyendo a Niels Bohr. Una vez que Pauli había pronunciado su conferencia se le pidió a Bohr que hiciera un comentario. Entonces ocurrió allí una de las más inusuales y, a su absurda manera, más emotivas manifestaciones de las que he sido testigo. El punto básico de Bohr era que como teoría fundamental era loca, pero no suficientemente loca. Los grandes avances, como la relatividad y la teoría cuántica, parecen locos a primera vista –especialmente si uno ha sido educado en la física que les precedía–; parecen violar el sentido común de un modo fundamental. Por el contrario, la teoría de Pauli era simplemente rara. Pauli objetó el juicio de Bohr; él dijo que la teoría era suficientemente loca. En este momento, estas dos figuras monumentales de la física moderna empezaron a moverse en una órbita circular conjunta alrededor de la gran mesa de conferencias. Cuando Bohr daba la cara a la audiencia desde la parte delantera de la mesa, repetía que la teoría no era suficientemente loca y, cuando era Pauli el que daba la cara al grupo, decía a su vez que sí lo era. Recuerdo que me pregunté que pensaría de esto cualquier persona del otro mundo –el mundo de los no-físicos–."

9. ¿El padre de la era nuclear?



Figura 36:
Fotografía conmemorativa 60 aniversario de la bomba atómica"

"No he realizado ninguna contribución a la bomba atómica, ninguna contribución en absoluto"

(1945)

"No me considero el padre de la liberación de la energía atómica. Mi participación fue bastante indirecta. De hecho, yo no preveía que pudiera ser liberada en mi época. Sólo creía que era teóricamente posible. Se convirtió en algo práctico tras el descubrimiento accidental de la reacción en cadena y eso era algo que yo no podía haber predicho"

(1945)

Einstein fue un adalid del pacifismo y del antimilitarismo, no trabajó en temas relacionados con la física nuclear, se mostró escéptico respecto a la posible aplicación práctica de la energía atómica hasta que fue demasiado tarde y dedicó sus últimos años a convencer al mundo del peligro de las armas nucleares. Sin embargo, muchas voces le acusaron –y aún le acusan– de ser el padre o al menos uno de los principales responsables de la bomba atómica y de la consiguiente era nuclear. ¿Una acusación injusta? Para decidirlo es necesario analizar los sucesos que llevaron a la fabricación de la bomba atómica.

El detonante de esta historia es la relación entre masa y energía ($E = mc^2$) deducida de forma teórica por Einstein en 1905, y cuya confirmación experimental no llegaría hasta los años treinta, cuando su autor ya estaba demasiado enfrascado en la búsqueda de una teoría unificada y en su lucha contra la cuántica como para prestarle atención (Véase Einstein y la cuántica). Quizás por eso seguía mostrándose bastante escéptico sobre el posible uso de la energía nuclear, algo que, como señaló en una conferencia de prensa que ofreció en 1935, le parecía "como disparar a pájaros en la

oscuridad en un país donde había muy pocos pájaros". El siguiente y decisivo acontecimiento fue el descubrimiento de la fisión del uranio realizado por Hahn, Strassmann, Frisch y Meitner en 1938, un proceso que abría la puerta a la posibilidad de obtener energía de la materia mediante una reacción en cadena. Este preocupante hallazgo hizo que en el verano de 1939 Leo Szilard, Eugene Wigner y Edward Teller, tres físicos que habían huido de la persecución nazi y que ahora estaban implicados en proyectos de investigación nuclear estadounidense, acudieran a ver a Einstein en su residencia estival de Peconic, donde éste disfrutaba de su afición a la vela ajeno a la que estaba a punto de estallar. En sus visitas le expusieron la situación de la investigación nuclear, el descubrimiento efectuado por los científicos alemanes y el peligro que suponía que los nazis desarrollaran una bomba atómica. Apelando a su pública oposición al nazismo y a su enorme influencia como autoridad científica, le rogaron que escribiese una carta al presidente Roosevelt para alertarle del peligro, aconsejándole que tomase medidas inmediatas. Ante este panorama, a Einstein le pesó más el miedo al militarismo alemán que sus ideales pacifistas y accedió a participar en la redacción de la misiva, que fue enviada con su firma el 2 de agosto de 1939. La carta convenció a Roosevelt de la necesidad de impulsar la investigación nuclear estadounidense, lo que desembocaría en el lanzamiento de las bombas sobre Hiroshima y Nagasaki en 1945.

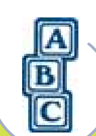
Aparte de firmar la decisiva carta y de mantener algunos contactos informales con el Comité Asesor sobre el Uranio que finalizaron en 1940, Einstein no tuvo ninguna otra implicación en el proyecto atómico. Sin embargo, ello no le liberó de sentirse en parte responsable de los acontecimientos posteriores, uno de los motivos por los que tras la guerra se valió de su prestigio para alertar al mundo sobre el peligro nuclear.

> *"El principio de la relatividad, en conexión con las ecuaciones de Maxwell, exige que la masa sea una medida directa de la energía contenida en los cuerpos; la luz transfiere masa…Esta idea es divertida y contagiosa, pero posiblemente no puedo saber si el buen Dios no se ríe de ella y está tratando de embaucarme"*
>
> *(1905)*

Einstenio viene de Einstein

El Einstenio es uno de los elementos químicos artificiales, que no existirían si no fuesen creados por el hombre. Como resulta evidente, fue bautizado en honor a Albert Einstein.

Elemento: Einstenio
Símbolo: Es
Número atómico: 99
Descubrimiento: Fue identificado por Ghiorso y sus colaboradores de la Universidad de California en 1952, en los residuos radiactivos derivados de la primera bomba de hidrógeno detonada en el Pacífico –qué contradicción–, en noviembre de 1952.
Características: Metal plateado y radiactivo.
Aplicaciones: De momento, ninguna aparte de su uso en investigación.
Comentario al margen: ¿Era estrictamente necesario dedicarle a Einstein un elemento encontrado entre los residuos radiactivos de una explosión nuclear, con lo mal que lo pasó el hombre con todo el tema de la bomba atómica?.



Ese nombre me suena

A continuación se presenta la tabla periódica, elige la parte que engloba a los elementos pesados o transuránidos, elementos artificiales con un número atómico mayor que el 92 del uranio, el más pesado que se puede encontrar en la naturaleza. Trata de identificar el origen del nombre de cada uno de ellos teniendo en cuenta que los criterios para bautizar a los nuevos elementos son:

1. Ponerle el nombre de algún científico que haya contribuido a la evolución de la química y en especial al desarrollo de la tabla periódica, al estudio del átomo y a la obtención e identificación de nuevos elementos.

2. Escoger el nombre del lugar donde se encuentra un centro de investigación en el que se hayan realizado algunos de estos descubrimientos.

1 1A	2 2A	3 3B	4 4B	5 5B	6 6B	7 7B	8	9 8B	10	11 1B	12 2B	13 3A	14 4A	15 5A	16 6A	17 7A	18 8A
1 H 1.00794																	2 He 4.00260
3 Li 6.941	4 Be 9.01218											5 B 10.81	6 C 12.011	7 N 14.0067	8 O 15.9994	9 F 18.998403	10 Ne 20.1797
11 Na 22.98977	12 Mg 24.305											13 Al 26.98154	14 Si 28.0855	15 P 30.97376	16 S 32.066	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948
19 K 39.0983	20 Ca 40.078	21 Sc 44.9559	22 Ti 47.88	23 V 50.9415	24 Cr 51.996	25 Mn 54.9380	26 Fe 55.847	27 Co 58.9332	28 Ni 58.69	29 Cu 63.546	30 Zn 65.39	31 Ga 69.72	32 Ge 72.61	33 As 74.9216	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.80
37 Rb 85.4678	38 Sr 87.62	39 Y 88.9059	40 Zr 91.224	41 Nb 92.9064	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.9055	46 Pd 106.42	47 Ag 107.8682	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.710	51 Sb 121.757	52 Te 127.60	53 I 126.9045	54 Xe 131.29
55 Cs 132.9054	56 Ba 137.33	57 *La 138.9055	72 Hf 178.49	73 Ta 180.9479	74 W 183.85	75 Re 186.207	76 Os 190.2	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.9665	80 Hg 200.59	81 Tl 204.383	82 Pb 207.2	83 Bi 208.9804	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra 226.0254	89 †Ac 227.0278	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (266)	107 Bh (264)	108 Hs (269)	109 Mt (268)	110 (271)	111 (272)	112 (277)		114 (289)		116 (289)		118 (293)

58 Ce 140.12	59 Pr 140.9077	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.9254	66 Dy 162.50	67 Ho 164.9304	68 Er 167.26	69 Tm 168.9342	70 Yb 173.04	71 Lu 174.967
90 Th 232.0381	91 Pa 231.0359	92 U 238.0289	93 Np 237.048	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (262)

"Cometí el error de mi vida cuando firmé la carta al presidente Roosevelt advirtiéndole de que la bomba atómica podría ser fabricada. Pero quizás pueda ser perdonado porque siempre sentí que había una gran probabilidad de que los alemanes estuvieran trabajando en el problema y podrían llegar a usar la bomba atómica para convertirse en la nación dominante"

(Carta a Linus Pauling)



La carta

(Texto integro de la carta firmada por Einstein enviada el 2 de agosto de 1939 al presidente F. D. Roosevelt.)

Señor:

Trabajos recientes de E. Fermi y L. Szilard, que me han sido comunicados en manuscrito, me hacen esperar que el elemento uranio pueda convertirse en una nueva e importante fuente de energía en el futuro inmediato. Ciertos aspectos de la situación que se ha producido exigen que se la vigile cuidadosamente y, si es necesario, que la Administración actúe rápidamente. Creo, por consiguiente, que es mi deber llamar su atención sobre los siguientes hechos y recomendaciones:

En el curso de los últimos cuatro meses se ha hecho probable –a través del trabajo de Joliot en Francia, al igual que de Fermi y Szilard en América– que puede ser posible establecer una reacción nuclear en cadena en una gran masa de uranio, mediante la cual se generarían vastas cantidades de energía y grandes cantidades de nuevos elementos del estilo del radio. Parece ahora casi seguro que esto podría conseguirse en el futuro inmediato.

Este nuevo fenómeno conduciría también a la construcción de bombas y es concebible –aunque mucho menos seguro– que de esta manera se puedan construir bombas de un nuevo tipo extremadamente poderosas. Una sola bomba de este tipo, transportada por barco y hecha explotar en un puerto, podría muy bien destruir todo el puerto junto a parte del territorio que lo rodease. Sin embargo, tales bombas podrían ser demasiado pesadas como para que se las pudiese transportar por aire.

Los Estados Unidos solamente tienen yacimientos muy pobres de uranio en cantidades moderadas. Existe algún buen yacimiento en Canadá y en la antigua Checoslovaquia, mientras que la fuente de uranio más importante se encuentra en el Congo belga.

En vista de esta situación, acaso pueda usted considerar aconsejable que exista algún contacto permanente entre la Administración y el grupo de físicos que trabajan en reacciones en cadena en Estados Unidos. Una forma posible de lograr esto sería que usted confiase esta tarea a una persona de su confianza y que acaso pudiera servir de manera no oficial. Su misión podría consistir en lo siguiente:

a. Relacionarse con los Departamentos gubernamentales, mantenerles informados de los desarrollos que se produzcan y presentar recomendaciones para acciones del Gobierno, prestando atención particular al problema de asegurar el suministro de uranio para los Estados Unidos.

b. Acelerar el trabajo experimental que en la actualidad se está desarrollando dentro de los límites de los presupuestos de los laboratorios universitarios, proporcionando fondos, en el caso de que fuesen necesarios, a través de sus contactos con personas que deseen hacer contribuciones

(Continua en la página siguiente)

a esta causa, y acaso también obteniendo la cooperación de los laboratorios industriales que dispongan de los equipos necesarios.

Entiendo que Alemania ha detenido en la actualidad la venta del uranio de las minas checoslovacas de las que ha tomado control. El que haya adoptado esta acción tan pronto puede acaso ser entendida en base a que el hijo del subsecretario de estado alemán, von Weizsäcker, está asociado al Instituto Kaiser Wilhelm de Berlín, en donde se están repitiendo algunos de los trabajos americanos sobre el uranio.

Albert Einstein
Old Grove Rd.
Nassau Point
Peconic, Long Island

August 2nd, 1939

F.D. Roosevelt,
President of the United States,
White House
Washington, D.C.

Sir:

Some recent work by E.Fermi and L. Szilard, which has been communicated to me in manuscript, leads me to expect that the element uranium may be turned into a new and important source of energy in the immediate future. Certain aspects of the situation which has arisen seem to call for watchfulness and, if necessary, quick action on the part of the Administration. I believe therefore that it is my duty to bring to your attention the following facts and recommendations:

In the course of the last four months it has been made probable - through the work of Joliot in France as well as Fermi and Szilard in America - that it may become possible to set up a nuclear chain reaction in a large mass of uranium,by which vast amounts of power and large quantities of new radium-like elements would be generated. Now it appears almost certain that this could be achieved in the immediate future.

This new phenomenon would also lead to the construction of bombs, and it is conceivable - though much less certain - that extremely powerful bombs of a new type may thus be constructed. A single bomb of this type, carried by boat and exploded in a port, might very well destroy the whole port together with some of the surrounding territory. However, such bombs might very well prove to be too heavy for transportation by air.

The United States has only very poor ores of uranium in moderate quantities. There is some good ore in Canada and the former Czechoslovakia, while the most important source of uranium is Belgian Congo.

In view of this situation you may think it desirable to have some permanent contact maintained between the Administration and the group of physicists working on chain reactions in America. One possible way of achieving this might be for you to entrust with this task a person who has your confidence and who could perhaps serve in an inofficial capacity. His task might comprise the following:

a) to approach Government Departments, keep them informed of the further development, and put forward recommendations for Government action, giving particular attention to the problem of securing a supply of uranium ore for the United States;

b) to speed up the experimental work,which is at present being carried on within the limits of the budgets of University laboratories, by providing funds, if such funds be required, through his contacts with private persons who are willing to make contributions for this cause, and perhaps also by obtaining the co-operation of industrial laboratories which have the necessary equipment.

I understand that Germany has actually stopped the sale of uranium from the Czechoslovakian mines which she has taken over. That she should have taken such early action might perhaps be understood on the ground that the son of the German Under-Secretary of State, von Weizsäcker, is attached to the Kaiser-Wilhelm-Institut in Berlin where some of the American work on uranium is now being repeated.

Yours very truly.
A. Einstein
(Albert Einstein)

FIGURA IH078992 y IH078991: XXXXXXXXXX

“Ser socio de un partido es algo por lo que ningún ciudadano está obligado a dar una justificación”

(1954)

“Nunca he sido un comunista. Pero si lo fuese no estaría avergonzado por ello”

(1950)

9.1. Expediente Einstein

Unas 1800 páginas con información “comprometedora” recopilada a lo largo de 23 años de investigación y que no sirvieron para nada. Este es el mejor resumen del seguimiento que el FBI realizó a Albert Einstein desde el momento en que éste se trasladó a los EEUU, en 1933, hasta su muerte en 1955. La obsesiva campaña fue instigada por el director general del Federal Bureau, J. Edgar Hoover, quien veía en aquel demonio de enmarañado pelo cano la encarnación de las tendencias izquierdistas que tanto detestaba. Tanto es así que el propio Hoover y las autoridades militares tomaron las medidas pertinentes para que no participase en el Proyecto Manhattan a fin de evitar que pusiese en peligro la seguridad nacional. Hoover se empeñó en demostrar que bajo la apariencia del venerable científico se escondía un espía, primero de los alemanes y luego al servicio de los *soviets;* y, si eso no era posible, al menos aspiraba a destruir su reputación para evitar que propagase los virus del socialismo y el antimilitarismo. El FBI no reparó en medios: interceptaron su correspondencia, pincharon su teléfono y el de sus amigos, trataron de impedir que adquiriese la nacionalidad norteamericana, intentaron vincularle con agentes soviéticos e incluso malgastaron recursos en investigar a un supuesto hijo del que se decía que tenía tratos con el otro bando que era mantenido como rehén.

Dentro de dicho expediente se encuentra un informe elaborado en 1950 que bajo el epígrafe “Pertenencia a organizaciones subversivas y similares” expone la relación de Einstein con distintas organizaciones “sospechosas”. Posteriores revisiones permitirían al FBI añadir al menos otros cincuenta grupos calificados como “científicos, culturales, pacifistas, antidiscriminatorios o de ayuda a Rusia”. La siguiente muestra las organizaciones citadas en este informe.

ORGANIZACIÓN	RELACIÓN
Comité Americano de escritores, Artistas y Científicos Judíos	Presidente honorario
Comité para Ayuda de Emergencia a la Unión Soviética	Presidente honorario
Comité Americano para la Protección de los Nacidos en el Extranjero	Patrocinador
Comité Americano para la Libertad en España	Apoyo a sus protestas
Consejo Americano para una Grecia Democrática.	Postulante nacional

(Continua en la página siguiente)

ORGANIZACIÓN	RELACIÓN
Amigos Americanos del pueblos Chino	Firmante de una carta
Liga Americana contra la Guerra y el Fascismo	Respaldo
Comité Americano Pushkin	Patrocinador
Congreso de Derechos Civiles	Patrocinador
Comité por la Paz mediante la Cooperación Mundial	Respaldo a un mitin
Congreso de Amistad Americano-Soviética	Patrocinador
Consejo de asuntos Africanos	Mensaje de felicitación
Amigos de la Brigada Abraham Lincoln	Miembro
Liga de la Cultura Germano-Americana	Miembro
Liga Antinazi de Hollywood	Patrocinador
Comité de Ciudadanos Independientes de las Artes, Ciencias y Profesiones	Director
Defensa Laboral Internacional	Mensaje de felicitación
Ayuda Internacional de Trabajadores	Respaldo
Comité Conjunto de Refugiados antifascistas	Patrocinador
Liga de Escritores Americanos	Afiliado
Oficina Médica y Comité Norteamericano para la Ayuda a la Democracia en España	Comité asesor
Comité de Artistas de Cine	Patrocinador
Comité de Músicos para Ayuda a la Democracia en España	Patrocinador
Consejo Nacional de Amistad Americano-Soviética	Patrocinador
Federación nacional por las Libertades Constitucionales	Firmante de carta
Comité Nacional de Recepción a la Delegación Rusa	Presidente nacional honorario
Comité No Partidista de Artistas y Científicos	Miembro
Comité No Sectario por los Refugiados Políticos	Patrocinador
Ciudadanos Progresistas de América	Patrocinador
Comité del Aniversario del Juicio por el Incendio del Reichstag	Firmante de declaración
Congreso Mundial contra la Guerra	Delegado

La lectura de esta lista nos permite extraer diversas conclusiones, entre ellas:

1. La cantidad y diversidad de causas sociales y políticas que movían a Einstein.

2. Su interés por la situación política en la España de la época.

3. La generosidad con que apoyaba las causas que consideraba justas, lo que da credibilidad al rumor de que Elsa, su segunda esposa, le controlaba el dinero.

4. La cantidad de organizaciones peculiares con las que uno se puede topar.

5. Lo paranoicos que podían llegar a ser los federales.

10. La paz sin excusas

> *"Mi pacifismo es un sentimiento instintivo, un sentimiento que me posee porque el asesinato es repugnante. Mi actitud no deriva de ninguna teoría intelectual, sino que está basada en mi más profunda antipatía hacia toda clase de crueldad y odio"*
>
> *(1929)*

Einstein se ha convertido en un símbolo del pacifismo, aunque algunos críticos le recriminan que durante la Segunda Guerra Mundial apoyase la lucha armada contra el nazismo. Él mismo era consciente de esta contradicción, como demuestra la contestación que en 1953 envió a un ciudadano japonés: "Soy un pacifista convencido pero no absoluto, lo que significa que me opongo al uso de la fuerza bajo cualquier circunstancia excepto cuando hay que enfrentarse a un enemigo que persigue la destrucción como un fin en sí mismo". Una contundente declaración de principios que sintetiza la evolución de sus ideas pacifistas.

La primera vez que Einstein se manifestó públicamente a favor del pacifismo (y posiblemente respecto a cualquier asunto político) fue en 1915, cuando se negó a firmar el "Manifiesto al mundo civilizado". Este controvertido documento, suscrito por casi un centenar de prestigiosos representantes de la cultura alemana, entre ellos su amigo Max Planck, defendía con orgullo el militarismo germano como parte esencial de la cultura de aquel pueblo. Por el contrario, Einstein se unió a otros pacifistas y firmó el "Manifiesto a los europeos" en el que se promovía la cooperación internacional. Sin embargo, a pesar de su oposición al régimen militar y a la guerra, Einstein siguió trabajando Alemania, evitó romper relaciones con colegas como Haber o Nernst que participaban en el desarrollo de armas químicas y declaró que el enfrentamiento se debía a la irracionalidad humana en general y no a la alemana en particular. Esta actitud debe analizarse con perspectiva, puesto que al estallar la Primera Guerra Mundial Einstein ya tenía el reconocimiento de sus colegas, pero todavía estaba lejos de alcanzar la notoriedad pública de la que más tarde gozaría. En este contexto, un posicionamiento abiertamente antialemán habría puesto en peligro



Figura 37:
Einstein pronunciando un discurso en el Royal Albert Hall de Londres durante una campaña de ayuda a los refugiados judíos. 1933

su incipiente carrera, y quién sabe si también su vida. Por otro lado, todavía no había llegado la época en que cualquier otro país estaría dispuesto a acogerle con los brazos abiertos, sobre todo cuando una de las primeras consecuencias de la Guerra fue el bloqueo al que Europa sometió a la ciencia alemana. (véase Una agitada trayectoria profesional).

A partir de 1920, cuando su fama ya le garantizaba licencia para opinar sobre cualquier tema y que esta opinión fuese difundida por los medios y valorada por el público, Einstein comenzó a manifestarse en pro del pacifismo. Su postura se volvió más ambigua ante la amenaza que suponía el auge del nazismo y que él vivió en primera persona. Así, mientras en EEUU se mostraba como un pacifista y antimilitarista convencido, advertía a los europeos para que se preparasen ante la que se estaba armando en Alemania. Una carta escrita a un amigo durante esas fechas resume su conflicto moral: "Si yo fuese belga no me negaría, en las actuales circunstancias a realizar el servicio militar, por el contrario, iría al servicio con la sensación de que ayudaba a salvar la civilización europea. Esto no quiere decir que renuncie a los principios que siempre he mantenido. Espero que pronto llegará el tiempo en el que negarse a hacer el servicio militar sea de nuevo un método efectivo de servir a la causa del progreso de la humanidad".

Al estallar la Segunda Guerra Mundial aparcó su pacifismo y apoyó el uso de la fuerza para detener a los nazis. Ello le llevó, además de a firmar la fatídica carta dirigida al presidente Roosevelt en la que apoyaba la investigación nuclear (Véase ¿El padre de la era nuclear?), a actuar como asesor de la marina estadounidense realizando un trabajo teórico sobre explosiones. Tras el fragor de la batalla llegó el arrepentimiento, y Einstein retomó su defensa del pacifismo, esta vez enfocado hacia el fin de la Guerra Fría y el desarme nuclear.

"Apelo a todos los hombres y mujeres, ya sean eminentes o humildes, a declarar que rehusarán dar cualquier tipo de apoyo a la guerra o a la preparación de la guerra"

(1931)



Figura 38:
Comentando documentación con oficiales de la marina americana en su estudio de Princeton. 1943



Con citas una evolución

1931: “No soy sólo un pacifista sino un pacifista militante. Yo quiero luchar por la paz…¿No es mejor para un hombre morir por una causa en la que cree, como la paz, que sufrir por una causa en la que no cree, como la guerra?”.

1933: “No puedo entender la pasividad del resto del mundo civilizado ante esta barbarie. ¿No ve el mundo que Hitler pretende la guerra?”.

1942: “Debido a sus detestables tradiciones, los alemanes son una gente tan peligrosamente desorientada que será muy difícil remediar la situación por medios sensatos, por no decir, humanos”.

1945: “Como no preveo que la energía atómica constituya un beneficio en un futuro inmediato, tengo que decir que, de momento, es una amenaza. Quizás está bien que lo sea. Puede intimidar a la humanidad y poner un poco de orden en las relaciones internacionales”.

1949: “Mientras la seguridad sea vista en función del armamento, ningún país estará dispuesto a renunciar a un arma que prometa la victoria en una guerra. En mi opinión, la seguridad sólo puede ser alcanzada mediante la renuncia a todo tipo de defensa militar”.

Guerra 1 - Ciencia 2

1 - 0: Cuando en 1916 Einstein formuló su Teoría General de la Relatividad, en plena Primera Guerra Mundial, su trabajo pasó casi desapercibido. Hubo que esperar al final del conflicto para que alcanzase la repercusión que merecía.

1 - 1: En un artículo publicado en 1911 Einstein había predicho que la deflexión de la luz en las proximidades de una estrella podría demostrarse durante un eclipse solar. Con objeto de comprobarlo, en 1914 una expedición de astrónomos alemanes se desplazó hasta Rusia para observar un eclipse de Sol. Sin embargo, la declaración de la guerra les sorprendió en pleno viaje y cayeron prisioneros del ejército ruso, lo que impidió que detectasen un valor doble del calculado por Einstein, quien en aquel artículo había cometido un error que más tarde subsanaría.

1 - 2: Einstein contó con otro aliado inesperado en la figura del astrónomo holandés Willem de Sitter, quien gracias a la neutralidad de Holanda tuvo acceso a su trabajo y lo envió a Inglaterra, donde cayó en manos de Arthur Eddington, director del Observatorio de Cambridge y miembro de la Royal Astronomical Society. El resto ya es historia (la de la expedición del eclipse de 1919).

Una treintena de artículos

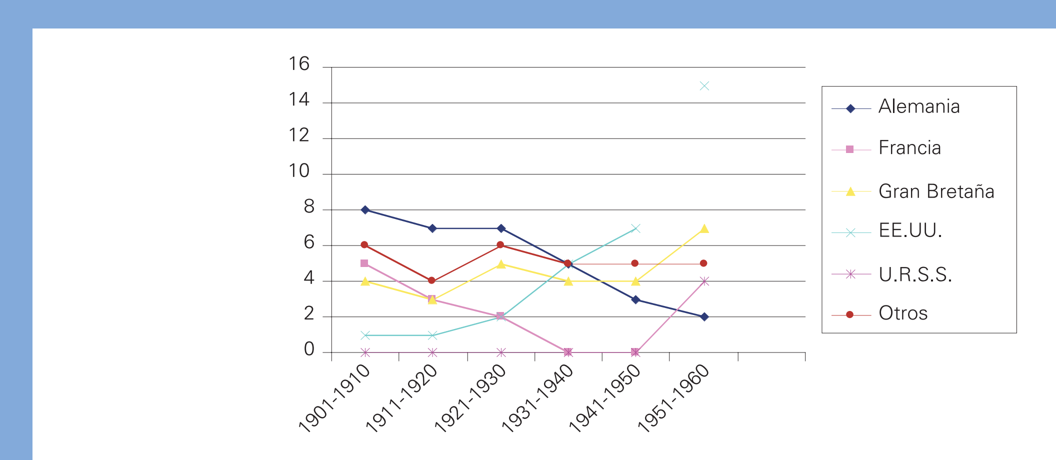
Entre 1915 y 1918 Einstein publicó desde Berlín cerca de treinta artículos, una producción que revela lo "civilizada" que fue la Primera Guerra Mundial en determinados aspectos, entre ellos el trabajo científico.

"Los queridos americanos han probado que se podía derrotar a los alemanes, aunque a un precio muy elevado, y han ocupado su puesto ¿Quién será capaz de hacerles razonar? Se vuelve a repetir el desastre alemán de hace años: la gente consiente sin resistencia y se alía con las fuerzas del demonio. Y uno permanece sin poder hacer nada"

(En una carta a la Reina de Bélgica; 1951)

Ciencias sociales y ciencias políticas

El siguiente gráfico muestra el número de premios Nobel en las categorías de física y química concedidos a investigadores en función de su nacionalidad en las décadas comprendidas entre 1901 - 1910 y 1951 - 1960. Analiza e interpreta los gráficos dentro el contexto social y político de la época. ¿Qué conclusiones se extraen de ellos?.



Ciencia al servicio de la guerra

La guerra siempre se ha nutrido de las aportaciones de la ciencia. Asocia los siguientes ejemplos de tecnología militar a las guerras (incluida la Guerra Fría) que han tenido lugar en el s. XX: radar, avión a reacción, cohete, explosivos, gas mostaza, granadas, Enigma, Bomba H, agente naranja, Arpanet,

(Continua en la página siguiente)

portaaviones, radio, máscara antigás, satélite, armas biológicas, misil, tanque, bomba de Turing, submarino, bombardero.

Investiga qué bando las desarrolló; qué científicos están detrás de ellas y el papel que cada una desempeñó en la resolución del conflicto.

"La meta del pacifismo es posible solo a través de una organización supranacional"
(1952)

Internacional absoluto

Einstein abogó por el internacionalismo desde los años veinte. Su activismo se hizo más intenso tras la Segunda Guerra Mundial, cuando dirigió una carta abierta a las Naciones Unidas solicitando la aprobación de una ley mundial, la formación de un gobierno mundial y la implantación de una policía mundial. En su opinión, estas medidas permitirían evitar futuras confrontaciones y controlar la carrera armamentística.

"Aunque intento tener un pensamiento universal, soy europeo por instinto e inclinación"
(1933)

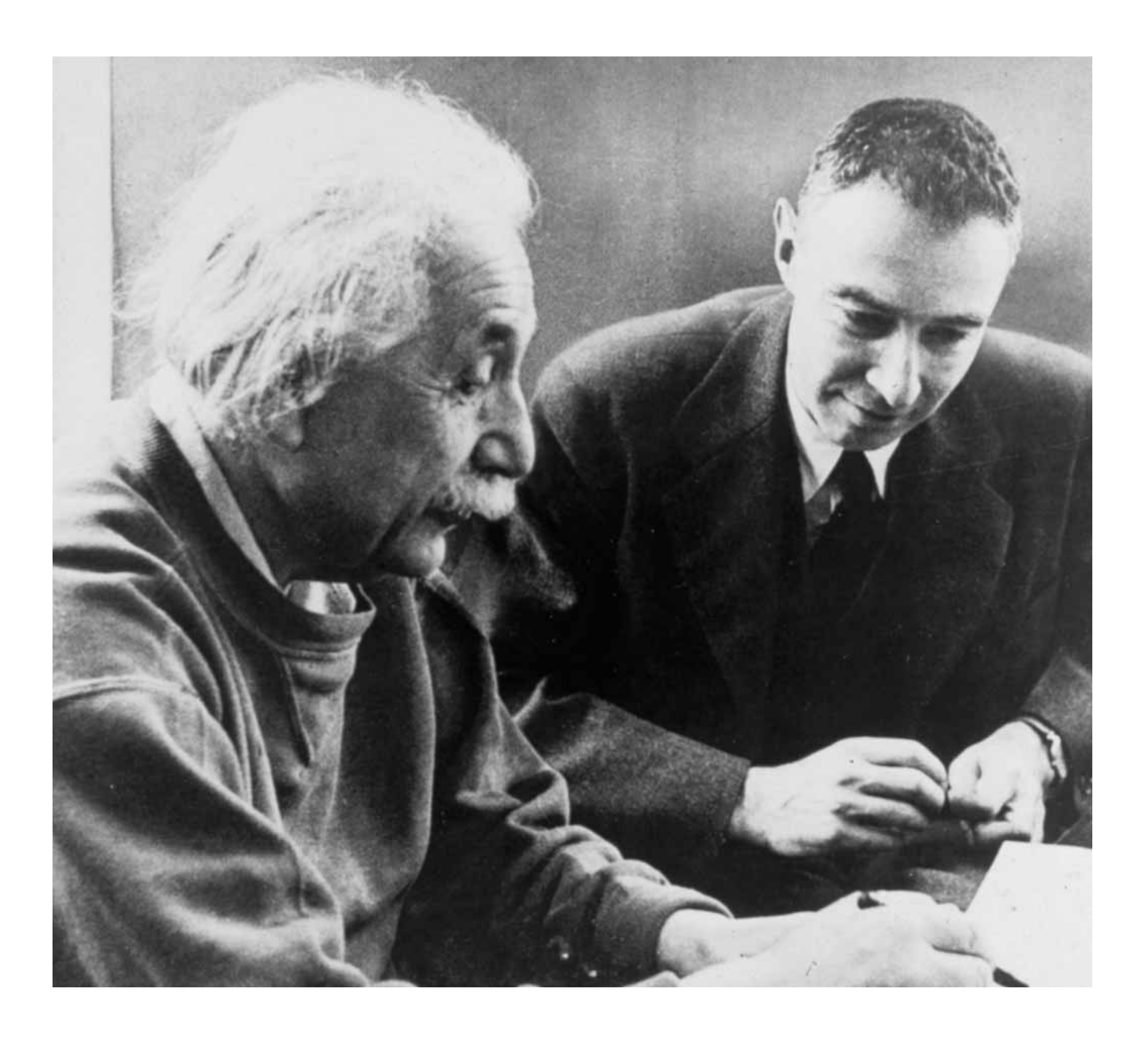
2+a=6

Un manuscrito de 6,5 millones de dólares

En 1943 se le pidió a Einstein que donase el manuscrito original del artículo de la Relatividad Especial de 1905 para una subasta benéfica en la que se recaudarían fondos para la guerra. Einstein accedió aunque tenía un pequeño problema: tras la publicación del artículo había tirado el original. Optó por copiarlo a mano con el fin de volver a disponer de un manuscrito, y al terminar le pidió a su secretaria que se lo leyese. En un momento dado la interrumpió preguntando extrañado si eso era realmente lo que había escrito en 1905, y señalando que se podía haber expresado de una forma mucho más sencilla. En cualquier caso, la puja se elevó hasta los 6,5 millones de dólares a pesar de que los compradores se habían comprometido a ceder los documentos para una exposición en la Biblioteca del Congreso.

“No puedo escribir en inglés porque no estoy seguro de su ortografía. Cuando lo estoy leyendo sólo lo oigo, y no soy capaz de recordar cómo se escriben las palabras”

(Carta a Max Born en septiembre de 1944)



11. Un judío en la vorágine del siglo

"Si mi Teoría de la Relatividad tiene éxito Alemania me reclamará como alemán y Francia dirá que soy ciudadano del mundo. Si la teoría es incorrecta, Francia dirá que soy alemán, y Alemania que soy judío"

(1922)

"Hace 15 años, al llegar a Alemania, descubrí por primera vez que era judío, descubrimiento que debo a los gentiles más que a los propios judíos". Esta declaración efectuada por Einstein en 1929 resume los motivos de su "conversión al judaísmo", un proceso forjado a base de "gentilezas" que le llevaría a convertirse en un símbolo del movimiento sionista.

A su regreso a Alemania, en 1914, Einstein encontró que mucha gente manifestaba un indisimulado recelo hacia los judíos. Entre las causas de estos primeros brotes de antisemitismo organizado figuran la difícil situación económica del país tras la Primera Guerra Mundial, la propagación del fascismo y el hecho de que destacados activistas de izquierdas fuesen judíos. Einstein pronto fue consciente de esta amenaza, lo cual no es de extrañar si se tiene en cuenta que se convirtió en uno de los principales objetivos de dichos ataques. Al fin y al cabo era judío, y además su fama se debía a los resultados alcanzados por una expedición de los enemigos aliados –la británica expedición del eclipse de 1919–. Por otra parte, no ocultaba su condición de pacifista, internacionalista, liberal y de izquierdas; y por si no fuera suficiente, incluso se había manifestado públicamente en contra del militarismo alemán (véase La paz sin excusas). De hecho, en 1920 surgió la autodenominada "Liga anti-Einstein" que recompensaba a todo el que escribiese un artículo en contra de la Teoría de la Relatividad. Desde entonces y hasta su marcha de Alemania, Einstein estuvo en el punto de mira del movimiento antisemita, hasta el extremo de que sus amigos llegaron a temer por su vida.



Figura 39: Llegada de Albert Einstein y Chaim Weizman a los Estados Unidos.

A pesar del aumento de la presión contra los judíos Einstein no dio la espalda a los alemanes y colaboró políticamente en la refundación del país, actitud que tuvo un final abrupto cuando en 1922 un grupo ultraderechista asesinó a Walter Rathenau, ministro de asuntos exteriores al que conocía personalmente, y que además de ser judío también abogaba por el internacionalismo. Esto le hizo renegar de Alemania y asumió con plena conciencia su pertenencia al pueblo judío y la responsabilidad que, dada su posición, tenía con él, utilizando la facilidad con que llegaba a los medios de comunicación internacionales para denunciar la situación. Su "conversión" también le llevó a renunciar a sus principios antinacionalistas y mostrar su adhesión al sionismo, aunque no al judaísmo como religión.

A comienzos de los años 30, con el nazismo en su máximo apogeo, Einstein abandonó de forma definitiva su país de origen y se instaló definitivamente en EEUU Desde su nuevo hogar colaboró con distintas organizaciones con el objetivo de ayudar a los judíos y a los refugiados políticos expulsados de Alemania, al tiempo que escribía comunicados, daba conferencias y participaba en emisiones de radio contra Hitler.

Tras el final de la guerra, y a pesar de la caída del nazismo, Einstein no quiso volver a tener ninguna relación con su país natal, ni siquiera en forma de homenajes y reconocimientos. Y del mismo modo que no se mitigó su aversión hacia el pueblo germano, tampoco se debilitaron sus lazos y su compromiso con el judío, del que ya se había convertido en oficioso embajador mundial. En 1952 le ofrecieron la presidencia del Estado de Israel, pero rechazó la oferta alegando lo precario de su salud y la falta de capacidad para desempeñar el puesto. El día de su muerte, junto a la cama del hospital descansaba el borrador de un discurso que estaba escribiendo con motivo del aniversario de la fundación del estado israelí.

"Mientras se me permita elegir, sólo viviré en un país en el que haya libertades políticas, tolerancia e igualdad de todos los ciudadanos ante la ley. La libertad política implica la libertad de expresar las propias opiniones, tanto de palabra como por escrito. La tolerancia conlleva el respeto por todas y cada una de las creencias individuales. Estas condiciones no existen hoy en Alemania. Quienes más han hecho por la causa de la comprensión internacional, entre quienes se encuentran muchos artistas, sufren, allí persecución"

(Comunicado emitido en marzo de 1933 desde California, en el que Einstein anunciaba su decisión de no volver a Alemania tras el ascenso al poder del Partido Nacional socialista en enero de ese mismo año).

"Los alemanes masacraron a mis hermanos; no quiero tener ninguna otra relación con ellos, ni siquiera con la aparentemente inofensiva Academia. No pienso lo mismo de las pocas personas que, en lo que han podido, permanecieron firmes contra el nazismo. Soy feliz al saber que usted fue uno de ellos".

(Carta escrita en 1946 al físico alemán Sommerfeld en respuesta a la que éste le escribió para preguntarle si estaría interesado en renovar su inscripción en la Academia Bávara, de la cual había sido expulsado en 1933)

Científicos de ambos bandos

De la cita anterior se deduce que hubo muchos científicos, así como otras destacadas personalidades alemanas, que se posicionaron a favor del nazismo –o al menos que no se manifestaron en contra– mientras que sólo unos pocos se opusieron con firmeza al fascismo. Elabora una lista de científicos integrantes de ambos "bandos".

"Toda mi vida he tratado con problemas objetivos, por ello carezco de la aptitudes naturales y de la experiencia para tratar apropiadamente con la gente y para desempeñar funciones oficiales"

(Declaración efectuada el 18 de noviembre de1952
y con la que rechazaba la oferta de convertirse
en el segundo presidente del Estado de Israel)

"En la medida en que una comunidad particular es atacada como tal, está obligada a defenderse como comunidad"

(1921)

Eran otros tiempos:

"El nacionalismo es una enfermedad infantil. Es el sarampión de la humanidad"

(1921)

"El sionismo es un nacionalismo que no persigue el poder sino la dignidad"

(Extraído de un artículo publicado
el 12 de marzo de 1944 en The New York Times Magazine)

Y un poco de léxico

Judaísmo semitismo, sionismo…¿Qué significan cada uno de estos términos? ¿Son sinónimos o hay matices que los diferencian?.

11.1. Limpieza étnica

Einstein era un objetivo del antisemitismo alemán. Como demuestra numerosas viñetas publicadas en la época. En una de ellas, dibujada por Josef Plank, se muestra al padre de la Relatividad siendo desalojado de la Torre Einstein, un observatorio construido en su honor entre 1919 y 1924 en Postdam.



Figura 40: Torre Einstein



Figura 41: Albert Einstein con el actor Paul Robeson. 1947



Figura 42: A. Einstein tocando el violín en la sinagoga de Berlín con motivo de un concierto benéfico. 1930

Tira de opinión

Busca en la sección de Opinión de un periódico alguna viñeta o tira cómica sobre un asunto de actualidad. Verás que el humor gráfico es una alternativa para ofrecer una visión crítica sobre cualquier tema desde un planteamiento cómico. Dicho esto, escoge un asunto polémico que tenga relación con la ciencia y ofrece tú visión particular –y tu opinión– a través de una viñeta o una tira cómica. También puedes probar a dibujar una interpretación alternativa de la "viñeta de opinión" que has encontrado en el periódico.

“El judío que abandona su fe (en el sentido formal de la palabra) está en una posición similar a la de un caracol que abandona su concha. Sigue siendo un judío”

(1938)

Donde dije agnóstico digo judío

Aunque Einstein se había declarado agnóstico y no promulgaba la fe judía, en 1909 no le quedó más remedio que abrazarla momentáneamente al aceptar el puesto de catedrático en la Universidad Alemana de Praga. La razón se encuentra en una orden dictada por el emperador Francisco José, según la cual sólo podían ejercer la docencia profesores que perteneciesen a alguna religión reconocida. Así que donde dije agnóstico digo judío y aquí paz y después gloria.

“(La predisposición contra los negros) es el peor mal que padece nuestra sociedad.”

(1946)

“El objetor de conciencia es un revolucionario. Al decidir desobedecer la ley sacrifica sus intereses personales por la causa más importante de trabajar en beneficio de la sociedad”

(Citado en Einstein on peace)

Causalidades

El pacifismo, el antimilitarismo, el judaísmo y el internacionalismo son las principales causas humanitarias a las que se vincula a Einstein, aunque lo cierto es que tuvo tiempo para defender otras muchas a través de discursos, conferencias, ensayos, declaraciones y artículos en la prensa; apoyándolas mediante la firma manifiestos o con actividades benéficas para recaudar fondos.

Durante los primeros años veinte Einstein se mostró a favor del régimen comunista ruso, y también de la liberación de presos políticos y en contra de la pena de muerte. Ya en los EEUU apoyó a los objetores de conciencia y a los universitarios que luchaban por la libertad de pensamiento. También se involucró de manera decidida en la lucha contra el racismo –que consideraba la gran plaga de América y en el que veía un reflejo del antisemitismo alemán– ofreciendo conferencias contra la discriminación, dando charlas en escuelas para negros y relacionándose con algunos de los más importantes líderes de la comunidad afroamericana. En 1954, a pesar de la edad y de su cada vez más delicado estado de salud, aún tuvo fuerzas y valor para hacer un llamamiento público a los acusados en el “proceso McCarthy”,

animándoles a negarse a declarar ante la Comisión del Congreso para Actividades Antiamericanas. Einstein les proponía que siguiesen el principio de desobediencia civil iniciado por su admirado Gandhi, aún a riesgo de acabar en la cárcel y perder sus propiedades. El 11 de abril de 1955, una semana antes de morir, suscribió junto a Bertrand Russell, el conocido "Manifiesto Russell-Einstein" que instaba a las naciones a renunciar al armamento nuclear.

"Cualquiera que aconseje a los americanos mantener en secreto información que puedan tener sobre espías y saboteadores es un enemigo de América".

(Senador Joseph McCarthy, tras la postura adoptada por Einstein en el proceso que él encabezaba)

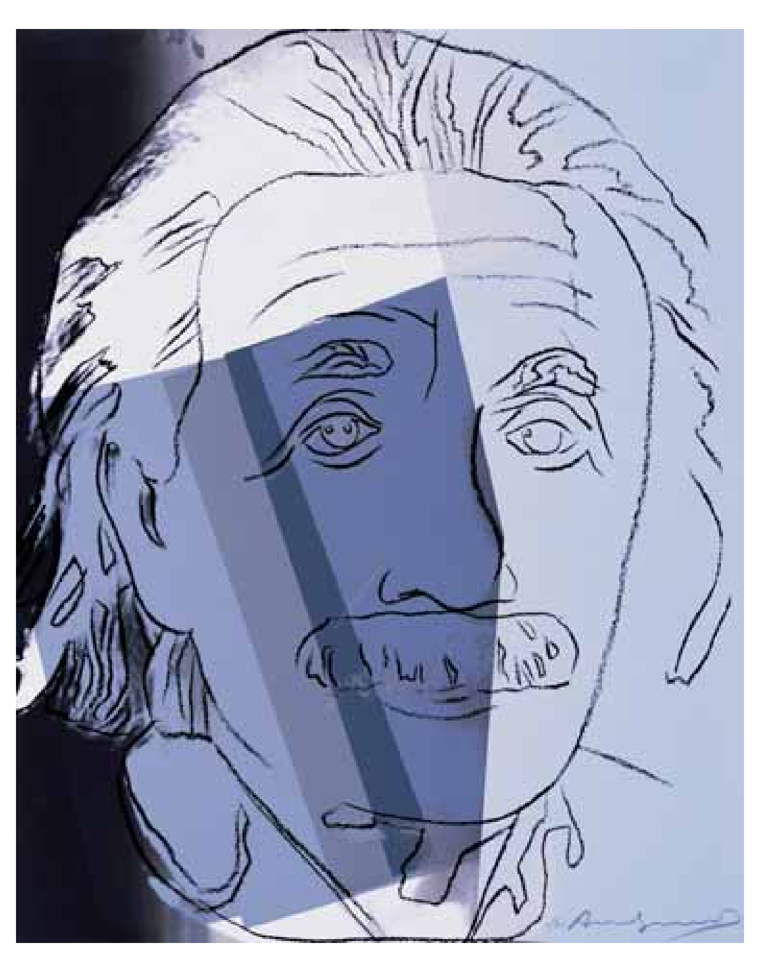


Figura 43: De la serie 10 retratos de judíos del Siglo XX, Albert Einstein por Andy Warhol. 1980

El Manifiesto Russell-Einstein

A continuación se reproduce el Manifiesto que Bertrand Russell hizo público en una lectura ante la prensa el 9 de julio de 1955.



Figura 44: Bertrand Russell leyendo el manifiesto contrario a la guerra.

Ante la trágica situación en que se encuentra el mundo, creemos que los científicos deberían reunirse en una conferencia, para analizar los peligros que comporta el desarrollo de las armas de destrucción masiva, y para discutir una resolución concebida en el espíritu del borrador que se adjunta a ésta.

No hablamos como miembros de esta o aquella nación, de este o aquel continente o de un credo determinado, sino como seres humanos, como miembros de la especie humana, cuya existencia está en peligro. El mundo está lleno de conflictos y sobre todos ellos se proyecta la titánica lucha entre el comunismo y el anticomunismo.

Casi todas las personas políticamente conscientes han tomado posición en uno o más de estos conflictos; pero os pedimos que, si os es posible, dejéis de lado estos partidismos y os consideréis únicamente como miembros de una especie biológica que tiene detrás una extraordinaria historia y cuya desaparición nadie desea.

Intentaremos no decir ni una sola palabra que pueda parecer partidista, que pueda indicar simpatía por uno de los dos bandos en detrimento del otro. Todos corremos el mismo peligro; pero si comprendemos a tiempo sus dimensiones, existe la esperanza de superarlo colectivamente.

Hemos de aprender a pensar con esquemas nuevos. Hemos de aprender a preguntarnos, no qué medidas hay que tomar para asegurar la victoria militar del grupo que preferimos (porque estas medidas no existen ya), sino algo distinto: ¿qué medidas podemos tomar para impedir una confrontación militar que sería igualmente desastrosa para los dos bandos?

El público en general y muchos de los hombres que ocupan puestos de autoridad no han comprendido todavía que significaría una guerra con bombas nucleares. El público en general piensa todavía en términos de destrucción de las ciudades. Comprende, eso sí, que las nuevas bombas son más poderosas que las anteriores y que, así como una bomba atómica pudo destruir completamente Hiroshima, una bomba de hidrógeno podría borrar del mapa a las mayores ciudades como Londres, Nueva York y Moscú.

Es indudable que en una guerra con bombas de hidrógeno las grandes ciudades serían destruidas totalmente. Pero éste no sería más que un desastre entre otros. Si todos los habitantes de Londres,

Nueva York y Moscú fuesen exterminados, el mundo podría recuperarse del golpe al cabo de unos siglos. Pero ahora sabemos, especialmente desde las pruebas nucleares en el archipiélago de Bikini, que las bombas nucleares pueden propagar la destrucción sobre una zona mucho más extensa que la que se suponía.

Se sabe de fuentes muy fiables que es perfectamente posible fabricar una bomba que sea unas 2.500 veces más potente que la que destruyó Hiroshima.

Si se hiciese estallar dicha bomba cerca del suelo o bajo el agua, grandes cantidades de partículas radiactivas se proyectarían hacia las capas superiores de la atmósfera y descenderían gradualmente hacia la superficie de la Tierra en forma de polvo o lluvia letales. Fue este polvo el que atacó a los pescadores japoneses y al pescado que acababan de capturar.

Nadie sabe cuál puede ser la capacidad de difusión de estas partículas radiactivas letales, pero las autoridades más reputadas coinciden en decir que una guerra con bombas de hidrógeno podría terminar con la especie humana. Se teme que si se utilizan muchas bombas de hidrógeno habrá una catástrofe universal, una muerte general: en un primer momento sólo perecerá una parte de la humanidad; la mayoría morirá en medio de una lenta y atroz tortura.

Los hombres de ciencia y los especialistas en estrategia militar han hecho ya muchas advertencias. Ninguno de ellos dice ni dirá que son inevitables los peores resultados. Lo que dicen es que estos resultados son posibles y que nadie puede estar seguro de que no se producirán. Que nosotros sepamos, estas opiniones de los especialistas no tienen nada que ver con sus concepciones políticas o con sus prejuicios personales. A nuestro entender, se basan únicamente en los conocimientos particulares de los especialistas. Y hemos comprobado que los hombres que más saben son los más pesimistas.

Este es, pues, el problema que ofrecemos a vuestra consideración, un problema inflexible, terrible, inevitable: ¿Terminaremos con la especie humana o renunciaremos a la guerra? Los hombres no se enfrentan con esta alternativa porque la abolición de la guerra es, en verdad, muy difícil.

La abolición de la guerra exige serias limitaciones de la soberanía nacional. Pero el principal obstáculo a una verdadera comprensión de la situación es, posiblemente, la vaguedad y el carácter abstracto del término humanidad. Los hombres difícilmente comprenden que el peligro es inmediato para ellos mismos, para sus hijos y nietos, y no para una humanidad abstracta y difícilmente aprehendida. No llegan a captar un hecho fundamental: que los que corren un peligro inminente de morir en medio de la más atroz agonía son ellos mismos y sus seres más queridos. Por ello creen que quizá no sea necesario prohibir la guerra si se consigue prohibir las armas modernas.

Esta esperanza es totalmente ilusoria. Por muchos acuerdos que se firmen para no utilizar las bombas de hidrógeno en tiempos de paz, serán papel mojado en tiempo de guerra y ambos bandos se pondrán a fabricar bombas H desde el mismo instante en que comience la guerra, porque si uno de los dos bandos fabrica bombas y el otro no, el primero se alzará inevitablemente con la victoria.

Ahora bien, aunque el acuerdo de renuncia a las armas nucleares, como parte de una reducción general de los armamentos, no constituya una solución definitiva, es indudable que puede ser útil en diversos aspectos.

En primer lugar: un acuerdo entre el Este y el Oeste es siempre conveniente porque contribuye a disminuir la tensión. En segundo lugar: si cada bando cree que el otro cumple sinceramente el acuerdo de abolición de las armas termonucleares, disminuirá el temor a un ataque por sorpresa como el de Pearl Harbour, temor que mantiene a los dos bandos en un estado permanente de tensión nerviosa. Por ello daremos la bienvenida a un tal acuerdo, aunque sólo como primer paso.

La mayoría de nosotros no somos neutrales; pero, en tanto que seres humanos, hemos de tener en cuenta que si los problemas entre el Este y el Oeste han de decidirse en beneficio de alguien, comunista o anticomunista, asiático, europeo o americano, blanco o negro, no por ello hay que recurrir a la guerra. Quisiéramos que esto se comprendiese bien tanto en el Este como en el Oeste.

Ante nosotros se abre la posibilidad de un progreso continuo en la felicidad, el conocimiento y la sabiduría. ¿Elegiremos, en cambio, la muerte porque somos incapaces de olvidar nuestras querellas? En tanto que seres humanos, hacemos un llamamiento a los seres humanos todos: recordad vuestra humanidad y olvidad el resto. Si sois capaces de hacerlo, tendremos el camino abierto hacia un nuevo paraíso; si no lo sois, nos encaminaremos todos hacia la muerte universal.

Resolución:

Invitamos a este Congreso (a convocar) y, a través de él, a todos los científicos del mundo y al público en general, a suscribir la siguiente resolución:

"Ante el hecho indudable de que en una futura guerra mundial se utilizarán armas nucleares y que estas armas ponen en peligro la existencia de la humanidad, pedimos a los gobiernos de todo el mundo que comprendan y reconozcan públicamente que sus objetivos no pueden alcanzarse con una guerra mundial; por consiguiente, les pedimos que busquen medios pacíficos para resolver todas sus disputas".

Los firmantes:

Bertrand Russell *(Premio Nobel de Literatura) y Albert Einstein (Premio Nobel de Física).*
Max Born *(Profesor de física teórica en Berlín, Francfort, Göttingen y Edimburgo; premio Nobel de Física).*
P.W. Bridgman *(Profesor de física teórica, Universidad de Harvard; premio Nobel de Física).*
L. Infield *(Profesor de física teórica de Varsovia).*
F. Joliot Curie *(Profesor de física en el Collège de France; Premio Nobel en química).*
Linus Pauling (Profesor de química, Instituto de Tecnología de California; premio Nobel de química).
Hideki Yukawa (Profesor de física teórica. Universidad de Kyoto; premio Nobel de Física).
H.J. Muller (Profesor de zoología en la Universidad de Indiana; premio Nobel en medicina)
C.F. Powell (Profesor de física en la Universidad de Bristol y premio Nobel de física en 1950).
Joseph Rotblat (Profesor de física en el Hospital St. Bartholomew de la Universidad de Londres).

El barbero de Bertrand Russell

Además de ser un declarado pacifista, Bertrand Russell destacó como lógico, filósofo y escritor (de hecho, obtuvo el premio Nobel de literatura en 1950). Russell también es conocido por haber enunciado la famosa paradoja que lleva su nombre, también conocida como "paradoja del barbero" y que se puede formular en los siguientes términos: Un barbero de una pequeña localidad afeitaba a todos los vecinos de la villa que no se afeitaban a sí mismos y nunca afeitó a ningún vecino que se afeitaba a si mismo. ¿Se afeita el barbero a sí mismo?.

La paradoja de Sancho Panza y el problema de Goodman

La de Russell es una de las muchas paradojas, verdaderas o aparentes, que esconden importantes cuestiones lógicas y con las que podrás devanarte los sesos. Otra es la famosa paradoja de Sancho Panza, que Cervantes narra en el Quijote –en concreto en la parte en que Sancho se convierte en gobernador de Barataria– en los siguientes términos: "Señor, un caudaloso río dividía dos términos de un mismo señorío, y esté vuestra merced atento, porque el caso es de importancia y algo dificultoso...

Digo, pues que sobre este río estaba una puente, y al cabo della una horca y una como casa de audiencia, en la cual de ordinario había cuatro jueces que juzgaban la ley que puso el dueño del río, de la puente y del señorío, que era en esta forma: 'Si alguno pasare por esta puente de una parte a otra, ha de jurar primero adónde y a qué va; y si jurare verdad, déjenle pasar, y si dijere mentira, muera por ello ahorcado en la horca que allí se muestra, sin remisión alguna'. Sabida esta ley y la rigurosa condición della, pasaban muchos, y luego en lo que juraban se echaba de ver que decían verdad y los jueces los dejaban pasar libremente".

La ley nunca había dejado de cumplirse hasta la llegada y declaración de un extranjero. ¿Qué declaró el extranjero?

El siguiente problema, formulado por el filósofo Nelson Goodman, no es una paradoja en sentido estricto, sino un problema lógico que se puede considerar inverso a la paradoja de Sancho:

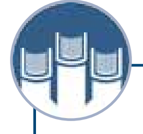
Te diriges a la ciudad de Pleasantville, habitada por unos curiosos individuos. Curiosos, porque cada uno de ellos siempre miente o siempre dice la verdad. En mitad del camino encuentras una bifurcación: uno de los caminos conduce a Pleasantville y el otro no. Junto al cruce hay un vecino de la ciudad. ¿Qué pregunta debes hacerle para saber cuál es el camino correcto?.

La locura política de Gödel

El activismo político de Einstein queda reflejado en una divertida anécdota que rememora la ocasión en que entró totalmente alterado en su despacho de Princeton proclamando que Kurt Gödel –el mayor lógico de la época y buen amigo suyo– se había vuelto completamente loco. ¡Había votado a Eisenhower para presidente!.

"Muy pocas mujeres son creativas.
Yo no mandaría a una hija mía a estudiar física.
Me alegra que mi mujer no sepa nada de ciencia; mi primera esposa sí sabía."

(Citado por Esther Salaman, una de sus jóvenes estudiantes en Berlín en The Listener. También por Highfield y Carter en Las vidas privadas de Albert Einstein)



No me malinterpreten

Entre las pocas causas que Einstein no defendió, o al menos no con su típica determinación, destaca la de la igualdad y los derechos de la mujer. Su actitud es fácil de explicar: no creía en ella, o mejor dicho, no creía que la igualdad fuese a aportar algo positivo. En su opinión "al igual que en todos los campos, también en la ciencia se debe facilitar el camino a las mujeres. Sin embargo, no se me debe malinterpretar si considero los posibles resultados con cierto escepticismo. Me refiero a ciertos obstáculos en la organización de la mujer que debemos considerar originados por la naturaleza y que nos prohíben aplicar el mismo criterio de expectación para las mujeres que para los hombres".

No las malinterpretes (las gráficas)

Comenta estas gráficas: Alumnado universitario matriculado según sexo y área de conocimiento, y profesorado según nivel y sexo. Fuente: Mujer y ciencia. FECYT.

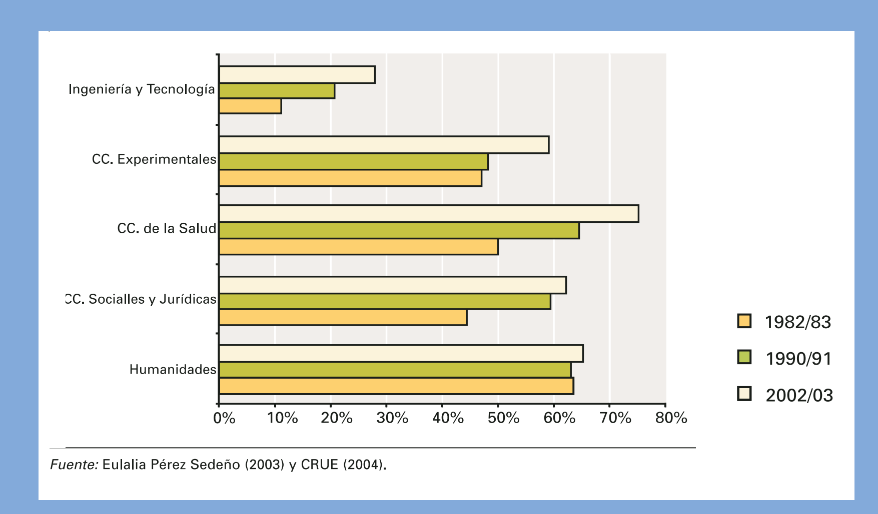
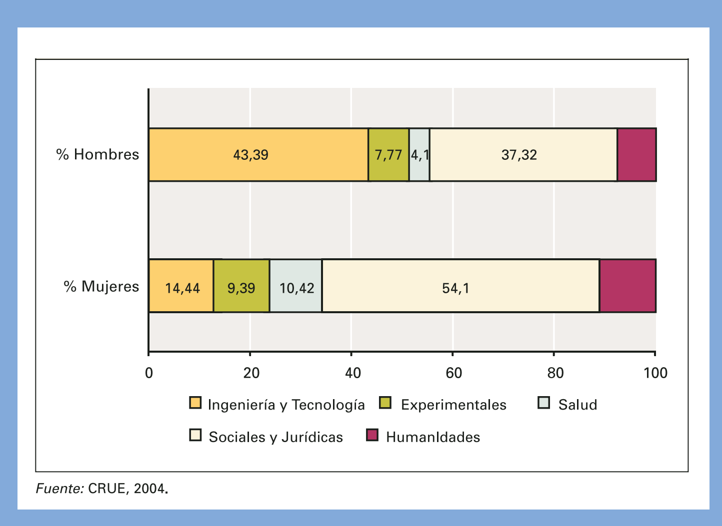


Figura 45: Porcentaje de mujeres matriculadas en las universidades públicas españolas.



Fuente: CRUE, 2004.

Figura 46: Distribución del alumnado universitario por área y sexo. Curso 2002 - 2003.

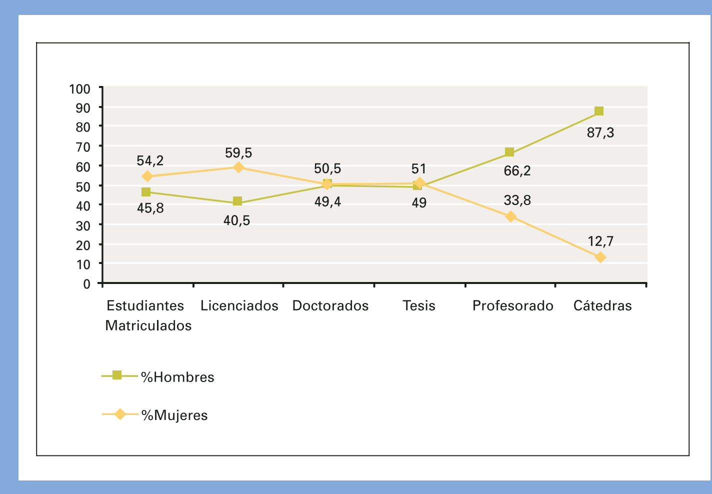


Figura 47: Distribución de mujeres y hombres a lo largo de la carrera académica (2003).

12. El secreto de "El Viejo"

"Soy un no creyente profundamente religioso…lo que es algo así como un nuevo tipo de religión"

(1954)

"Dios no juega a los dados". Palabra de Einstein. Te alabamos Señor. Y así, por obra y gracia de esta sentencia Einstein ha sido elevado a los altares como una personalidad profundamente religiosa. Una suerte de santo científico que honraba a Dios por encima de todas las teorías físicas, en este caso concreto, la mecánica cuántica. Esta visión, no obstante, está muy alejada de la realidad.

La postura de Einstein con respecto a la mayor parte de los asuntos trascendentales de los que se ocupa la fe era la de un ateo: no creía en la vida más allá de la muerte ni en la distinción entre cuerpo y alma; consideraba que la moralidad no atendía a revelaciones divinas sino que dependía exclusivamente del ser humano; no creía en una deidad personificada, ni personal, ni mucho menos preocupada por el destino del hombre, noción a la que culpaba de muchos de los conflictos que asolan el mundo. Visto así, si Einstein no es presentado como un ateo de manual es porque en el manual del perfecto ateo no figura el creer en la existencia de un "algo" que gobierna y une todo el universo. Y Einstein sí creía en ese "algo", que para él eran las leyes físicas que rigen el funcionamiento del mundo y que gustaba de identificar con un Dios a imagen del que había sugerido Spinoza, y al que en muchas ocasiones se refería como "El Viejo".

Puede llamar la atención que un pseudoateo como Einstein recurriese en innumerables ocasiones al lenguaje "divino", pero es que él mismo se consideraba una persona religiosa, devoto de una especie de religión cósmica basada en la admiración por la estructura de la naturaleza, aunque exenta de todo misticismo. Por ello no dudaba en hablar de sus experiencias religiosas o afirmar que los científicos como él eran las únicas personas profundamente creyentes que todavía quedaban. En alguna ocasión Einstein también afirmó ser agnóstico, dando así a entender que asumía que el conocimiento de lo divino era inaccesible para el entendimiento humano, en franca contradicción con el hecho de que ese era precisamente su objetivo: "Conocer el modo en que Dios creo el mundo. No estoy interesado en este o aquel fenómeno; en el espectro de este o aquel elemento. Deseo saber sus pensamientos, el resto son detalles". Si se asume que estos pensamientos divinos son en realidad las leyes naturales del universo, entonces su persecución de una teoría unificada debe entenderse como la búsqueda de su particular Santo Grial.

PD: La famosa sentencia einsteiniana que niega la afición de Dios a los juegos de azar es la lapidaria frase final con la que Einstein cierra una carta dirigida a Max Born en la que plasmaba su negativa a aceptar la incertidumbre inherente a la cuántica (véase Einstein y la cuántica).

"No he encontrado mejor expresión que "religioso" para la confianza en la naturaleza racional de la realidad, en el sentido de que es accesible a la razón humana."

(Carta a Maurice Solovine en 1951)

Palabra de Einstein…¿te alabamos Señor?

"La moral es muy importante, pero para nosotros, no para Dios"

(1927)

"Creo en el Dios de Spinoza que se revela en la armonía de todo lo que existe, no en un Dios que se preocupa por el destino y las acciones de los seres humanos"

(1929)

"La principal fuente de los conflictos actuales ente las distintas esferas de la religión y la ciencia descansa en el concepto de un Dios personal"

(1941)

"Dado que nuestras experiencias interiores consisten en reproducciones y combinaciones de impresiones sensoriales, el concepto de un alma sin un cuerpo me parece vacío y carente de significado"

(1921)

"No creo en la inmortalidad del individuo"

(1953)

"La ciencia sin religión está coja, la religión sin ciencia está ciega"

(1941)

"Es bastante posible que nosotros podamos hacer cosas más grandes que las que hizo Jesús, dado que lo que sobre él dice la Biblia está embellecido poéticamente"

(1943)

El peligro de leer libros de ciencia

El pequeño Albert era el único alumno judío en la escuela primaria católica de Munich, lo que tuvo al menos dos consecuencias relevantes. Por una parte, su condición semita le convirtió en el blanco de las burlas de sus compañeros, lo que debió contribuir a moldear alguno de los aspectos de su carácter, como su tendencia al aislamiento, su individualismo, y posiblemente también un cierto rechazo hacia "lo alemán". (véase, *Un judío en la vorágine del siglo).* Por otro lado, sus padres trataron de contrarrestar los efectos de su escolarización católica pidiendo a un pariente que le diese lecciones de judaísmo a domicilio, pese a que ellos mismos mostraban poco aprecio por la religión, aunque en los papeles figuraban como miembros de la "fe israelita".

(Continua en la página siguiente)

Estas lecciones tuvieron un efecto contundente, pues el joven Einstein se embebió de un fervor religioso que le impulsaba a componer himnos al Señor que luego cantaba por la calle; amén de recriminar a sus progenitores su falta de religiosidad. Curiosamente fue el sabbath, uno de los pocos preceptos religiosos que se contemplaban en su casa, el que puso fin a este arrebato de fe. La tradición consistía en invitar a un judío sin recursos a la mesa familiar, y en el caso de los Einstein el beneficiario era un joven estudiante ruso llamado Max Talmey, quien prestó al joven Albert los libros de ciencia que a la postre desencadenarían su ruptura con la religión. Leyéndolos, Einstein llegó a la conclusión de que ciencia y religión mantenían puntos de vista incompatibles entre sí, y ante la necesidad de escoger entre ambas acabó decantándose por la primera. En el trasfondo de esta elección quizá estuviera el rechazo a cualquier tipo de autoridad, un precepto que desde entonces Einstein cumpliría a rajatabla.

¡Refútelo!

Durante su estancia en la corte de Catalina la Grande, el filósofo francés Diderot, legendario descreído, intentó "convertir" a los rusos al ateismo. La zarina se molestó tanto que pidió a otro de sus ilustres invitados, el matemático Leonhard Euler, que le parase los pies. Tras darle vueltas al asunto Euler anunció que había encontrado una prueba algebraica de la existencia de Dios, lo que dio lugar a un inesperado debate teológico. Euler se presento ante el auditorio y le espetó a su contrincante:

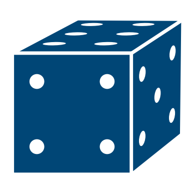
"$(a + b^n)/n = x$, y por tanto Dios existe; ¡refútelo!"

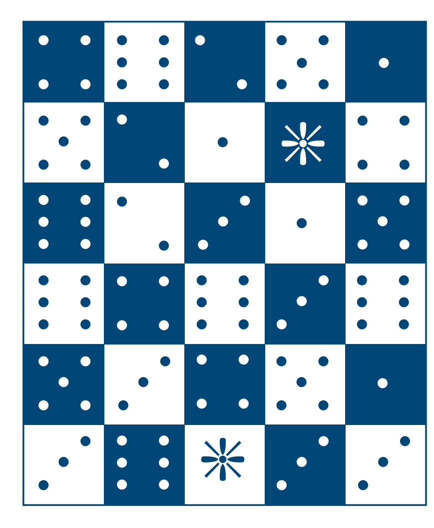
Diderot no fue capaz de responderle, y con su fracaso perdió parte de su credibilidad. Ahora es tu turno de darle justa réplica a Euler. ¿Cómo refutarías, no la existencia de Dios , sino su prueba? Por cierto, no es necesario que te limites a argumentos matemáticos.

Juega con los dados

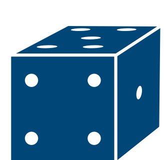
Es posible que Dios no juegue a los dados pero tú no tienes excusa para no hacerlo. A continuación se presentan dos laberintos lógicos ideados por Robert Abbott, uno de los grandes de este tipo de pasatiempos. Las reglas son muy sencillas: como en cualquier laberinto, hay que ir de la casilla de salida hasta la meta haciendo rodar un dado sobre el tablero. Coloca el dado sobre la casilla de partida y hazlo rodar de una casilla a otra adyacente, teniendo en cuenta que sólo puedes desplazarte sobre las casillas cuyo número coincida con el número que marca la cara superior del dado antes de ejecutar el movimiento. Las casillas con un asterisco son casillas-comodín, pudiendo desplazarte sobre ellas sin importar el número que marque la cara superior del dado.

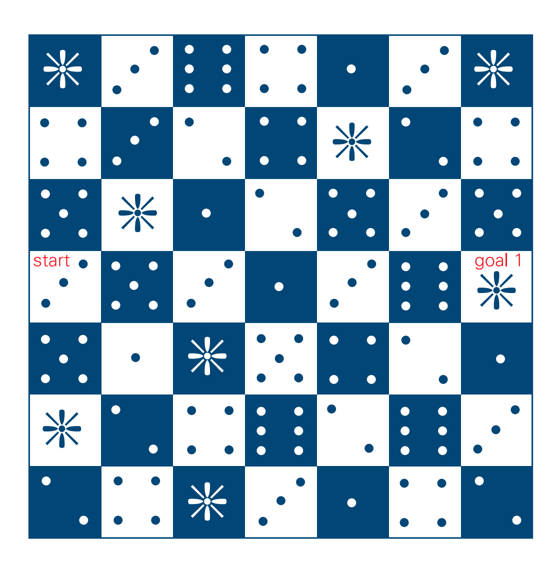
En este caso, en la posición de partida el dado tiene la cara del seis en la parte superior y la del cuatro mirando hacia ti.





Ahora, en la posición de partida el cinco está en la cara superior del dado, y el cuatro mira otra vez hacia ti. Además, en este caso el laberinto es de ida y vuelta, es decir, una vez que llegues a la meta debes regresar a la casilla de partida.





13. Made in Einstein

"La ciencia se estancará si se hace para servir a objetivos prácticos"

(Citado por Nathan y Norden en Einstein on peace)

"Los hombres realmente devotos del progreso del conocimiento sobre el mundo físico nunca trabajaron por objetivos prácticos"

(Citado por Nathan y Norden en Einstein on peace)

Casi todo el mundo sabe que Einstein trabajó en su juventud en una oficina de patentes como oficial encargado de estudiar los inventos de otros (Véase Una agitada trayectoria profesional), pero lo que muchos desconocen es que a lo largo de su vida él también patentó unos cuantos. El cariño que sentía desde niño por las brújulas le llevó en 1926 a desarrollar un diseño propio y también ideó –y obtuvo las correspondientes patentes– un giroscopio para la aviación, un nuevo tipo de audífono y una cámara fotográfica que medía automáticamente la intensidad de la luz, aplicando en este caso su conocimiento del efecto fotoeléctrico. Sin embargo, su invento más conocido fue el refrigerador silencioso que diseñó con Leo Szilard, un ingeniero húngaro del que había sido profesor en Berlín. Al parecer, la idea partió de la noticia del fallecimiento de una familia a consecuencia de la inhalación de los gases tóxicos desprendidos por la rotura del precinto de un refrigerador. Y lo que viene a continuación es una mera hipótesis, pero es posible que este trágico episodio le recordase a Einstein uno similar, aunque menos trágico, del que se tiene constancia a través de David Reichinstein, otro de sus antiguos alumnos. Al parecer, Einstein sufrió un desmayo debido a las emanaciones de la estufa de su casa mientras echaba una siesta, de la que sólo logró despertarse gracias a la visita que por casualidad le hizo su amigo Heinrich Zangger, quien llegó a tiempo para abrir las ventanas y reanimarle.

En cualquier caso, Einstein y Szilard decidieron construir un refrigerador más seguro eliminando la parte que podía desprender gases, y diseñaron la que sería bautizada como bomba Einstein-Szilard –¿Por qué cada vez que ambos aúnan esfuerzos siempre hay una bomba de por medio?–. La bomba, que carecía de partes móviles, constituía el núcleo del refrigerador silencioso a prueba de emisiones del que hicieron varios diseños. Dos de ellos fueron adquiridos por la compañía *Electrolux,* aunque nunca llegaron a fabricarse. Podría decirse que el proyecto quedó congelado *sine die.*

¡Huevos van!

Idea y fabrica un sistema que con el mínimo coste posible permita arrojar un huevo desde un primer piso y que éste llegue intacto al suelo. Comprueba su funcionamiento.

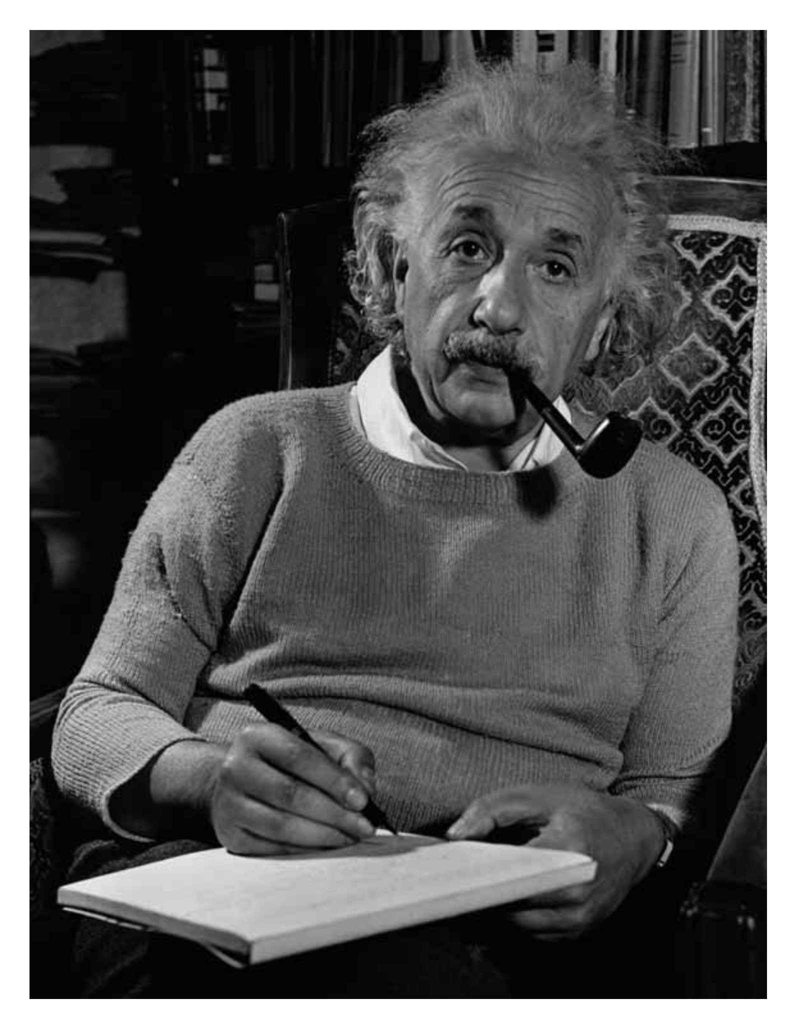


Figura 48:
Albert Einstein en su estudio.1940

“En física las construcciones a priori son tan esenciales como los hechos empíricos”

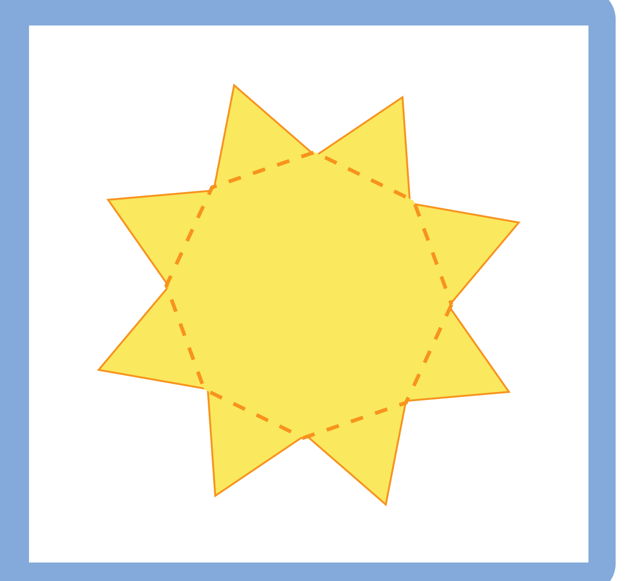
(1945)

13.1. Einstein en el laboratorio

Se tiende a asociar a Einstein con la típica imagen del físico teórico que desarrolla su trabajo con lápiz y papel. Lo cierto es que trabajó así durante casi toda su vida, aunque en su etapa de estudiante, tanto en la escuela secundaria de Aarau como en la ETH, pasó la mayor parte del tiempo metido en los laboratorios (Véase La mala educación), ya que prefería la investigación experimental al estudio en la biblioteca. Posteriormente, la física le conduciría por otros caminos y casi se puede decir que no volvió a pisar un laboratorio más que de visita, contentándose con realizar sus celebrados “experimentos mentales”.

Flower (capillarity) power

El primer articulo científico de Einstein, publicado en 1901, versaba sobre la capilaridad, y al parecer fue su novia Mileva la que le ayudó a obtener los datos experimentales (Véase A cada uno lo suyo). A continuación se sugiere otro experimento basado en la capilaridad. Recorta una o varias "flores" de papel como la que se muestra en el esquema y dobla los pétalos triangulares hacia el interior por las líneas punteadas, cerrando de este modo la flor. A continuación colócala en un plato con un poco de agua y observa lo que ocurre. ¿Cuál es la explicación? ¿Será que las flores necesitan agua para sobrevivir?.



"El científico encuentra su recompensa en lo que Henri Poincaré llama el gozo de la comprensión, y no en las posibles aplicaciones a las que cualquier descubrimiento puede conducir"

(1932)

El misterio de la brújula

En sus *Notas autobiográficas* Einstein recuerda dos experiencias trascendentales que ya en su infancia le señalaron que su camino era el de la ciencia. Una de ellas fue el descubrimiento, a los doce años, de la geometría euclidiana gracias a un pequeño libro de texto (Véase Falsedad matemática). La otra había tenido lugar algún tiempo antes, cuando con cuatro o cinco años cayó enfermo y tuvo que permanecer varios días en cama. Su padre le regaló una brújula, y jugando con ella el joven Albert descubrió la existencia de fuerzas invisibles que gobiernan la naturaleza. Quizá no fuera exactamente así, pero ya se sabe que uno siempre tiende a idealizar sus recuerdos.

La declaración del experto

El 28 de noviembre de 1952 Einstein acudió a Nueva York para testificar en un juicio por la violación de la patente de una sofisticada cámara fotográfica para uso médico. Por entonces ya era un científico mundialmente famoso, pero seguro que la ocasión le permitió recordar sus tiempos en la oficina de patentes de Berna.

14. El legado científico de Einstein

“Toda la ciencia no es más que un refinamiento del sentido común”

(1946)

La influencia de Einstein, que se extiende por muchas áreas de la física y las matemáticas, no ha dejado de crecer con el paso del tiempo. Sus ideas y teorías han servido como motor o punto de partida para nuevos descubrimientos, líneas de investigación e incluso disciplinas enteras. Pero además, el tiempo ha permitido comprobar experimentalmente muchas de las predicciones basadas en sus teorías. Una forma curiosa de verificar la amplitud y diversidad de su influencia consiste en rastrear las entradas que “en el nombre de Einstein” presenta un moderno diccionario de términos científicos. Uno completo puede llegar a recoger una treintena de ellas, de las que aquí se recoge una selección para todos los gustos.

- **Coeficientes A y B de Einstein:** Coeficientes que representan la probabilidad de que se produzca la emisión espontánea y estimulada de radiación (fotones) por un átomo, ión o molécula. Fundamentales en el desarrollo del láser.

- **Condensado Bose-Einstein:** Estado de la materia descrito como una fase gaseosa superfluida formada por átomos enfriados a temperaturas próximas al cero absoluto. En este estado, los átomos tienen la menor energía posible y presentan el mayor orden, hasta el punto que se aglutinan en una masa densa que hace que las partículas se comporten como un único átomo.

- **Ecuación de Stokes-Einstein:** Ecuación que relaciona el coeficiente de difusión de una molécula con el coeficiente de viscosidad, el radio de las moléculas, la temperatura del medio y la constante de Boltzmann.

- **Ecuaciones de campo de Einstein:** Ecuaciones que definen la curvatura del espacio debida a la existencia de un campo gravitatorio en la Teoría General de la Relatividad.

- **Efecto Einstein:** Desplazamiento hacia el rojo de las radiaciones electromagnéticas por la acción de un campo gravitatorio.

- **Efecto Einstein-de Haas:** Ligera rotación que se produce en una barra de hierro al ser imantada súbitamente. Es inverso del efecto Barnett y fue descubierto en la misma época. También conocido como efecto piromagnético.

- **Einstein:** Unidad de energía luminosa empleada en fotoquímica. Es igual al producto del número de Avogadro por la energía de un fotón de una frecuencia dada.

- **Frecuencia de Einstein:** Frecuencia característica de una red cristalina bajo la hipótesis de que todas las vibraciones del cristal sean armónicas.

- **Tensor de Einstein:** Entidad geométrica, derivada a partir de la curvatura tensorial de Riemann, que representa la curvatura del espacio-tiempo y que permite una expresión compacta de las ecuaciones de campo de Einstein.

- **Universo de Einstein:** Modelo de universo estático en un espacio de curvatura positiva y con una constante cosmológica (o de Einstein) también positiva.

Enséñame tu entrada

Si quieres entrar en el selecto club de los expertos conocedores del legado científico de Einstein, el primer paso consiste en encontrar alguna otra entrada "a nombre de Einstein" en un diccionario científico.

Nobeles herederos

Una forma alternativa de comprobar la abrumadora influencia de Einstein sobre la ciencia moderna consiste en rastrear los premios Nobel de Física concedidos por investigaciones que guardan relación con sus teorías. Entre ellas puedes encontrar demostraciones experimentales de alguna de sus predicciones, aplicaciones o descubrimientos derivados de su trabajo e investigaciones en alguno de los campos inaugurados por Einstein, como la cuántica o la cosmología. Entra en la web oficial de los premios Nobel *(http://nobelprize.org/)* y localiza a los galardonados herederos de Einstein. En algunos casos la ascendencia einsteiniana es evidente, pero en otros será más sutil e incluso discutible. No os privéis de discutirlas.

"Las máquinas hacen nuestra vida impersonal, hacen inútiles ciertos aspectos de nosotros y crean un entorno impersonal"

(1940)

14.1. El Einstein nuestro de cada día

El legado científico de Einstein también está muy presente en nuestra vida cotidiana, en los procesos y aparatos que nos hacen la vida más cómoda –o más complicada, según quién opine– tras los que se encuentran sus ideas. No hay mejor modo de comprobarlo que descubrirlo por uno mismo. La práctica totalidad de la herencia doméstica de Einstein se basa en dos de sus contribuciones: el ya familiar efecto fotoeléctrico que está detrás de casi todos los dispositivos electrónicos que controlan o responden a la luz, y la emisión estimulada que constituye el fundamento del láser…Y hasta aquí puedo leer –que diría la presentadora del *Un, dos tres*–.

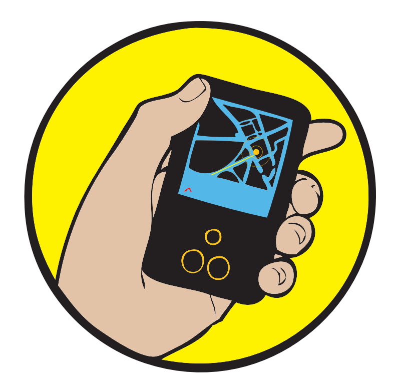
Tras la huella de Einstein

"Responda otra vez". Sal a dar un paseo, infíltrate en unos grandes almacenes, recorre tu casa o simplemente echa un vistazo a tu habitación y trata de identificar todos lo artilugios en los que esté presente la huella einsteiniana.

(Sin que sirva de precedente, en el apartado de soluciones encontrarás algunas pistas para completar esta actividad.)

No te (lo) pierdas

Los dispositivos de localización por satélite (los populares GPS) basan su precisión en la de los relojes que llevan instalados en cada uno de los satélites que forman el sistema. Estos satélites se encuentran en órbitas a unos 20.000 km de altura, y viajan por el espacio con velocidades que rondan los 14.000 km/h. Estos datos sugieren la necesidad de tener en cuenta los efectos de la Relatividad Especial (debido a la velocidad) y de la Relatividad General (en virtud de la diferencia de intensidad de la gravedad). Por una parte, los relojes de los satélites van más despacio porque se mueven respecto a nosotros. Por otra, van más rápido que los nuestros debido a que están sometidos a un campo gravitatorio más débil. La combinación de estos dos efectos relativistas hace que los relojes de los satélites adelanten unos 38 microsegundos al día respecto a los terrestres, lo que de no tenerse en cuenta provocaría un error de hasta 11 kilómetros en la determinación de la posición.



La importancia de las ideas de Einstein en el desarrollo de la mecánica cuántica y la física estadística hace que podamos decir que hay "un poquito de él" en todos los dispositivos basados en transistores y microprocesadores. E incluso cuando tomamos una píldora u otro medicamento es probable que su producción comercial involucre procesos de difusión explicados por primera vez en los artículos de Einstein sobre el movimiento browniano y la mecánica estadística.

15. Un personaje de película

“Soy modelo de artistas”
(el 31 de octubre de 1930, en respuesta al pasajero de un tren que le preguntó a qué se dedicaba)

Se ha dicho que en la década de los años veinte y comienzos de los años treinta, cuando se encontraba en la cima de su popularidad, Einstein era más conocido que cualquier actor de cine. Una afirmación que tres cuartos de siglo más tarde todavía conserva su vigencia. Porque, ¿quién no conoce a Einstein o no es capaz de asociarlo a la relatividad y a $E = mc^2$? Si haces la prueba entre tus familiares podrás comprobar que Einstein sigue siendo un personaje universalmente reconocido. Tanto es así que se ha convertido (él mismo o sus teorías) en personaje cinematográfico. En su filmografía se distinguen tres tipos de papeles:

1. ***El de protagonista, es decir, Einstein as himself.*** Como en el caso de la disparatada *El jovencito Einstein* –los de la liga Anti-Einstein (véase Un judío en la vorágine del siglo) la escogerían como mejor película de la historia–, o en la más reciente *El genio del amor.* Una película imprescindible para sus seguidores en la que Walter Matthau encarna a un divertidísimo Einstein en su etapa de abuelete en Princeton y en la que se recogen los principales tópicos sobre su persona. Basta con señalar que su primera intervención es para afirmar que “el principio de incertidumbre postula un universo caótico donde todo sucede por mera casualidad. Por mi parte yo nunca creeré que Dios juega a los dados con el universo”. ¿Qué más se puede decir? La verdad es que mucho más, pues el filme también refleja su pasión por el violín, su extravagante y desaliñado aspecto, la anécdota de la brújula en su infancia (Véase Made in Einstein); lo especial que fue para él el año 1905, la paradoja de los gemelos, sus comienzos en la oficina de patentes, el recuerdo de cuando se imaginaba viajando a la velocidad de la luz, la afición a fumar en pipa o a navegar, su ineptitud matemática, su amistad con Gödel o su pacifismo.

2. ***El de inspirador del científico protagonista de la película.*** Con especial incidencia en el aspecto físico. El mejor ejemplo de ello es sin duda el excéntrico (ya empezamos) Emmet Brown –Doc para los amigos– de *Regreso al futuro,* siempre despistado y adornado con una descuidada cabellera de clara inspiración einsteiniana. Pero no acaban ahí los paralelismos entre el doctor Brown y Albert Einstein. Doc tiene un perro llamado Einstein, también de entrecana y larga pelambrera, mientras que en su casa de Princeton el científico tuvo un gato llamado *Tiger* y un perro que respondía por Chico. Doc adorna su estudio con los retratos de los cuatro físicos que más admira (Newton, Edison, Franklin y, por supuesto, Einstein) tal y como hacía el propio Einstein, aunque los de éste eran Newton, Maxwell, Faraday y Galileo. El salto atrás en el tiempo lleva a Marty, el protagonista, hasta 1955, año de la muerte de Einstein. Doc consigue el plutonio necesario para su *Delorean* del tiempo robándoselo a un grupo de nacionalistas libios que querían que les hiciese una bomba…

   En este punto resulta ineludible mencionar que Einstein es también el inspirador del aspecto físico del maestro Yoda de la saga *Star Wars.* Para ser más exactos, el verde y disléxico jedi debe su apariencia a una amalgama de los rasgos del físico y de su propio diseñador, quien tenía colgado un retrato de Einstein en su estudio mientras daba forma a su criatura.

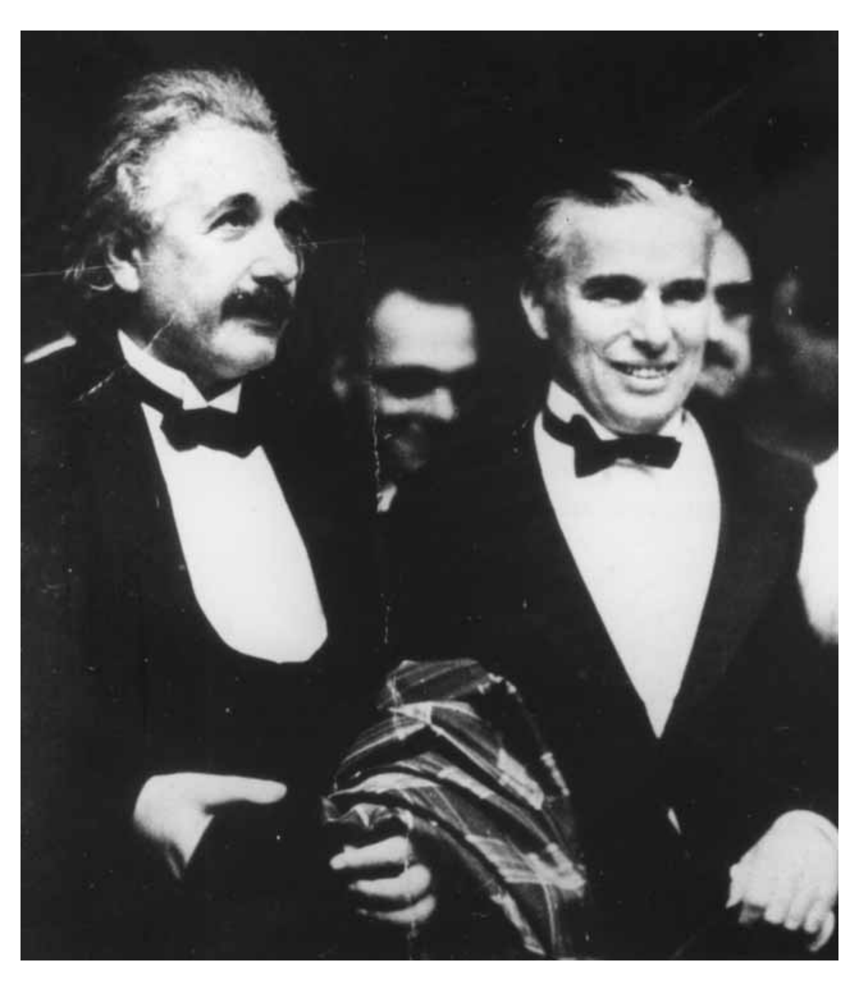


Figura 49:
Albert Einstein con Charles Chaplin.

3. ***El de aludido.*** En muchas películas se hacen menciones a su persona o a su trabajo científico, fundamentalmente a la relatividad. Estas alusiones pueden constituir un elemento importante de la trama o, más a menudo, dan lugar a un simple "cameo". Seguramente, la mejor evidencia de hasta qué punto ha calado Einstein y su teoría en la cultura popular es que aparezcan con total naturalidad y sin venir a cuento en medio de una película. Para verificar esto último se ha preparado una doble sesión cinematográfica con diálogos de este estilo. Comienza la proyección:

La máquina del tiempo (2002, director: Simon Wells)

<<Enero de 1899. El joven profesor Alexander Hartdegen, acompañado por su colega Mr. Filby, llega a su residencia, donde su ama de llaves le informa de las novedades del día:

- *¡Ah!, ha recibido otra carta de ese hombre tan fastidioso –recuerda el ama de llaves al tiempo que le entrega el sobre a Hartdegen, quien lo abre y comienza a leer la misiva.*

- *¿Por qué pierdes el tiempo con ese chiflado?* –le pregunta Filby.

- *Tiene algunas ideas muy interesantes* –responde Hartdegen.

- *Un profesor de la Universidad de Columbia no debería cartearse con un contable alemán loco* –insiste su amigo.

- *Es un empleado de patentes no un contable. Además, el señor Einstein se merece todo mi respeto.>>*

Deep Blue Sea (1999, director: Renny Harlin)

<<Unos peligrosos tiburones objeto de investigación escapan de su cautiverio y van a la caza de los protagonistas, atrapados en la base submarina que se inunda por momentos. Entre los supervivientes se encuentran el cocinero de la base y un ingeniero.

- *Son las cuatro de la madrugada –señala el cocinero.*

- *Lo sé –dice el ingeniero-. Una mala noche parece toda una semana.*

- *La relatividad…*

- *¿A qué te refieres?*

- *A la teoría de la relatividad de Einstein. Si sujetas un cazo muy caliente, un segundo te parece una hora. Si te acuestas con alguien que te gusta, una hora te parece un segundo. Todo es relativo.*

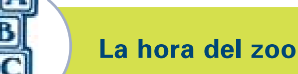
- *Estudié ingeniería en el Tecnológico de California, y es la mejor explicación de física que he oído.>>*

Gazapos einsteinianos

Una de las cosas que más llama la atención de los cameos cinematográficos de Einstein y su relatividad es la sensación de que los guionistas los introducen sin saber con exactitud de qué están hablando, lo que da lugar a frecuentes errores de bulto. En los diálogos anteriores hay un par de ellos. Seguro que ya te has dado cuenta, ¿verdad?.

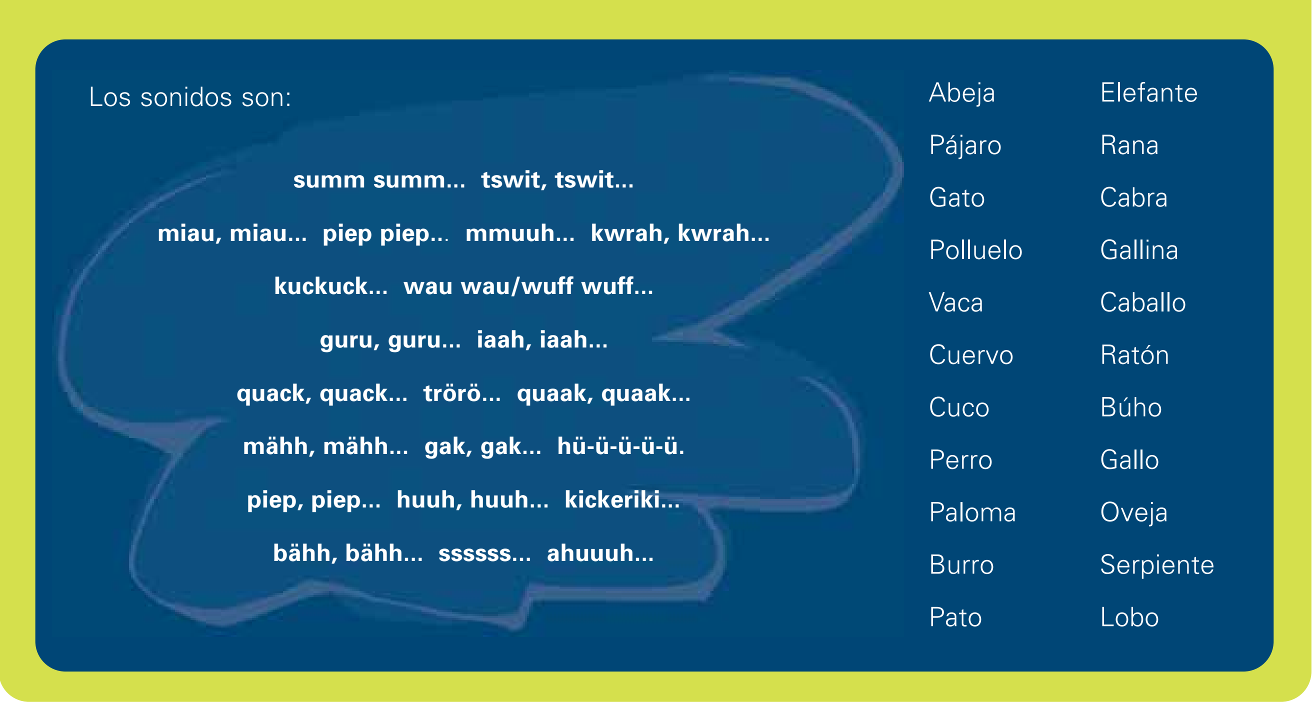
“El perro (Chico) es muy inteligente. Se preocupa porque recibo demasiado correo; es por eso que intenta morder al cartero”

(Citado por Ehlers en Liebes Hertz!)



La hora del zoo

Mientras hablábamos de las evidentes conexiones entre el Doc de *Regreso al futuro* y Einstein, mencionamos de pasada que éste era un amante de los animales. También se ha dicho que se refería a los actos sociales como "la hora del zoo" (véase *El salto a la fama)*, así que se nos ha ocurrido este juego basado en la postal de un zoológico alemán visto por la noche. No se ve un burro a tres pasos pero si se oyen muchos sonidos animales y además escritos en alemán. ¿A qué animal de los presentes en la lista corresponde cada "sonido"?.



...Y un personaje también de novela

La popularidad de Einstein no sólo le ha llevado a las pantallas de cine, sino que también aparece –en persona o a través de sus ideas– en las páginas de no pocas novelas; bien como un elemento fundamental de la trama o a modo de "cameo" literario. Para muestra un par de botones:

Las veleidades de la fortuna (Pío Baroja; 1927)

<<El médico del sanatorio, que era un joven humorista, dijo que a fuerza de leer cosas sobre la relatividad había soñado una vez que el espacio euclidiano se le había convertido en no-euclidiano. Durante el sueño había quedado muy alegre pensando que ya entendía el espacio no-euclidiano, pero al despertarse vio que era una ilusión.

- *Lo mismo pasa leyendo a Einstein* –dijo Haller.

- *¿No cree usted en la relatividad?* –preguntó Larrañaga.

- *Me produce gran desconfianza.*

Larrañaga aseguró que él no entendía las teorías de Einstein; cierto que decían que para comprenderlas íntegramente había que saber matemáticas, pero él profesaba el pragmatismo humilde un poco estilo Homais, de la novela de Flaubert, de creer que toda la Europa culta no se equivocaría.

- *Yo no creo que haya una teoría de la cual no se pueda hacer un resumen racional* –dijo Haller–. *De la teoría de Einstein, lo que se deduce para la razón no tiene nada de nuevo. Es el subjetivismo de las nociones elementales tiempo, espacio y causalidad, cosa que ya está muy bien explicada en Kant. Lo demás, lo matemático, no lo entiende uno.*

- *Pero puede ser, la de Einstein, una teoría exclusivamente físico-matemática.*

- *¿Sin posibilidad de explicación racional? Es extraño. Es lo mismo que aseguraba Steiner, el farsante de la antroposofía: según él, había que saber matemáticas especiales para entender su doctrina de los mundos supe*riores, que terminaba, en la práctica, en sacar dinero para su tiempo y en bailar.>>

Ada o el ardor (Vladimir Nabokov; 1969)

<<Rechazamos el espacio tiempo de la literatura relativista. Quien encuentre gusto en ello, puede sostener que el Espacio es la cara externa del Tiempo, o el cuerpo del Tiempo, o que el Tiempo está empapado de Espacio, o viceversa, o que de determinada y curiosa manera, el Espacio es meramente un subproducto del Tiempo, o, mejor, su cadáver, o que, a fin de cuentas, el Tiempo es el Espacio; esa clase de parloteo puede resultar agradable, sobre todo cuando uno es joven; pero nadie conseguirá hacerme creer que el movimiento de un objeto (digamos una aguja) a través de un determinado trozo de espacio (digamos, la esfera de un reloj) sea algo de la misma naturaleza que el "paso" del tiempo".>>

Lo cierto es que a Einstein no le hizo falta alcanzar la fama para convertirse en protagonista de una novela. Durante su estancia en Praga entró en contacto con el círculo literario judío de la ciudad, entre los que se encontraban escritores como Kafka y Max Brod. Éste se inspiró en su carácter para describir a Kepler en su novela *La redención de Tycho Brahe,* publicada en 1916. No deja de resultar curioso pues en esa misma época Planck y compañía solían referirse a Einstein como "el nuevo Copérnico".



Busca películas, novelas o comics en los que se haga referencia a Einstein o a su obra, y dictamina si lo que afirman es científicamente correcto.

Texto de apoyo: Contact

El centenario del *annus mirabilis* de Einstein y el cincuentenario de su fallecimiento, coinciden con el vigésimo aniversario de *Contact,* la famosa novela de ciencia-ficción –más tarde llevada al cine– escrita por el prestigioso astrónomo y divulgador científico Carl Sagan. Una obra en la que, además, Einstein y su teoría de la relatividad juegan un papel muy destacado, motivo más que suficiente para rendirle aquí un pequeño homenaje. Antes de proseguir refresquemos la memoria acerca del hilo argumental de la novela:

La doctora Ellie Arroway y su equipo de radioastrónomos del proyecto SETI captan una señal extraterrestre, un mensaje codificado, procedente de la estrella Vega. En pocas horas la sensacional noticia se extiende por todo el planeta, y cuando al cabo de un tiempo los protagonistas logran descifrar el mensaje descubren que se trata de las instrucciones para fabricar una especie de nave espacial capaz de alojar en su interior a cinco personas. Una vez construida la nave, la doctora Arroway es seleccionada para formar parte de la tripulación. Entra en la nave junto a sus compañeros y por medio de una tecnología desconocida para el ser humano –que no para los extraterrestres– se crea un agujero de gusano que conecta directamente con un lugar situado en las proximidades de Vega. Y desde allí, otro agujero de gusano la conduce hasta el centro de la galaxia, donde cada uno de los miembros de la tripulación entra en contacto con un representante extraterrestre que se presenta bajo la apariencia de alguno de sus seres queridos ya fallecidos. Tras regresar a la Tierra a través de la misma ruta y salir de la nave, los astronautas comprueban que todo ha transcurrido en apenas veinte minutos, que los espectadores del acontecimiento no han observado nada y que la opinión unánime es que algo ha fallado y el ingenio ni siquiera ha llegado a despegar. Nadie cree en su historia, con el agravante de que las grabaciones que habían realizado para documentar la misión se han borrado. ¿Pensaría Sagan que la humanidad aún no está preparada para el encuentro con una civilización alienígena?.

Einstein y su teoría de la relatividad aparecen en numerosas ocasiones a lo largo de la novela, por ejemplo en estos dos fragmentos:

<<Muy bien –comenzó ella (la presidenta de los EEUU)–. Hoy no se va a tomar decisión alguna y tampoco se hará un anuncio público sobre las deliberaciones. A ver si puedo resumir la situación. No sabemos para qué sirve esa maldita Máquina, pero suponemos, con cierto fundamento, que será para viajar a Vega. Dígame una vez más, ¿a qué distancia queda Vega?.

(Continua en la página siguiente)

- *Veintiséis años luz, señora.*

- *Entonces, si esta Máquina fuese una especie de nave espacial capaz de desplazarse a la velocidad de la luz –no me interrumpa; ya sé que eso es imposible, que sólo se puede alcanzar una velocidad cercana a la de la luz-, tardaría veintiséis años en llegar a destino, según la forma en que medimos el tiempo aquí en la Tierra. ¿Correcto?*

- *Exacto. Aparte, habría que sumarle otro año para acceder a la velocidad de la luz y otro más para la desaceleración al llegar al sistema de Vega. Pero desde el punto de vista de los tripulantes, se tardaría mucho menos tiempo; quizás, apenas un par de años, según cuanto puedan aproximarse a la velocidad de la luz.>>*

<<–Creo que los túneles son puentes de Einstein-Rosen– sostuvo Eda (uno de los viajeros). La teoría de la relatividad admite una clase de soluciones, llamadas agujeros de gusanos –similares a los agujeros negros– pero sin ninguna conexión evolutiva, es decir, que no pueden ser producidos por el colapso gravitacional de una estrella. Pero una vez constituido el tipo más habitual de agujero, éste se expande y se contrae antes de que algo pueda atravesarlo; en consecuencia, pone en acción fuerzas desastrosas y también requiere –al menos para un observador que los estudie desde atrás- una infinita cantidad de tiempo para cruzarlos.

Como a Ellie no le pareció una explicación convincente, le pidió que se la aclarara. El problema central era mantener abierto el agujero de gusano. Eda había hallado una clase de solución para sus ecuaciones de campo que sugerían un nuevo campo macroscópico, una especie de tensión que podría emplearse para impedir que un agujero de gusano se contrajera en su totalidad (...) Tendría que confirmar todo esto, pero si realmente los túneles fuesen puentes de Einstein-Rosen, podríamos proporcionar alguna respuesta cuando nos acusen de sufrir alucinaciones.>>

Dado que se trata de la historia de un viaje espacial, no sorprende la presencia de las ideas einsteinianas, que no en vano han moldeado nuestra actual visión del cosmos. Sin embargo, la posibilidad de contactar con una civilización extraterrestre no es el único tema que aborda la novela. Inmerso en el relato de ciencia-ficción está presente el enfrentamiento entre la ciencia y la fe, escenificado por dos de los protagonistas de la historia: la doctora Arroway y el predicador Joss Palmer. Resulta muy llamativa (véase Los secretos de "El Viejo") la forma en que Sagan sitúa a Einstein en el centro de esta discusión, cuando en un determinado momento Joss Palmer argumenta lo siguiente:

<<Newton destronó a Aristóteles. Einstein destronó a Newton. Mañana, algún otro destronará a Einstein. Apenas terminamos de entender una teoría, otra nueva la reemplaza.

No me molestaría mucho si nos hubieran advertido que las ideas viejas eran provisorias. La ley de la gravedad de Newton, la llamaban, y aún se denomina así. Pero, si se trataba de una ley de la naturaleza, ¿cómo pudo haber estado equivocada? ¿Cómo pudieron desplazarla? Sólo Dios puede abolir las leyes de la naturaleza, no los científicos. Si Albert Einstein tenía razón, entonces Newton era un aficionado, un chapucero (…)

Tampoco se había demostrado la Teoría de la Relatividad de Einstein, quien había asegurado que es imposible viajar a más velocidad que la de la luz. ¿Cómo lo supo? ¿A qué velocidad cercana a la luz había viajado él? La relatividad era sólo un modo de entender el mundo. Einstein no podía poner límites a lo que el hombre fuese capaz de hacer en el futuro. Por cierto, tampoco podía ponerle límites a las acciones de Dios ¿Acaso Dios no podría viajar más rápido que la luz si lo deseara? ¿Acaso Dios no podría hacernos viajar a nosotros más rápido que la luz si lo deseará? Había excesos en la ciencia tanto como en la religión. El hombre sensato no debía dejarse atemorizar por ninguna de las dos.>>

Y un poco más adelante, la Dra. Arroway ofrece su réplica:

<<Trate de imaginar que su Dios –omnipotente, omnisciente, bondadoso- realmente quisiera dejar una señal para las futuras generaciones, para que pudieran confirmar su existencia…digamos los remotos descendientes de Moisés. Sería muy fácil. Bastarían unas pocas frases enigmáticas y la estricta orden de que se transmitieran sin modificación…

Joss se inclinó hacia delante en forma casi imperceptible.

- *¿Cómo por ejemplo?*

- *Por ejemplo, "el Sol es una estrella". O "Marte es un lugar descolorido, con desiertos y volcanes, igual que el Sinaí. O "un cuerpo en movimiento tiende a permanecer en movimiento". O…–rápidamente escribió unos números en anotador–, "la tierra pesa un millón de millones de millones de millones de veces lo que pesa un niño". O… veo que ustedes tienen problemas con la relatividad especial, que todos los días se ve confirmada por los aceleradores de partículas y los rayos cósmicos… también podría ser "No viajarás más rápido que la velocidad de la luz". Cualquier cosa que no pudieran haber sabido hace mil años.>>*

16. La salud es lo primero

"Estoy firmemente decidido a morir con la mínima ayuda médica, cuando llegue mi hora y habiendo pecado hasta entonces tanto como mi malvada alma desee"

(Carta a su esposa Elsa en 1913)

"Ya debería estar muerto, pero todavía estoy aquí"

(1951)

"Quiero irme cuando yo quiera. Es de mal gusto prolongar la vida artificialmente. Ya he hecho mi contribución; es tiempo de irse. Y lo haré de una forma elegante."

(Citado por Helen Dukas en una carta escrita el 30 de abril de 1955)

Una CCP –siglas correspondientes a Conferencia Clínico Patológica– es una charla médica de carácter didáctico en la que un médico presenta un caso y analiza todos los condicionantes que lo rodean. La conferencia finaliza, o bien con la presentación de las conclusiones del conferenciante –diagnóstico y causa de la muerte–, o bien, y dado su objetivo docente, se plantean dichas cuestiones a la audiencia.

Las CCP históricas son una atractiva variante en las que un médico examina la muerte de un famoso personaje histórico a partir de los informes conservados. En este tipo de desafíos, además de emitir un diagnóstico, el conferenciante (al preparar el caso) o la audiencia (al escuchar su exposición) deben adivinar quién es el personaje en cuestión.

1. **Presentación del caso:** El paciente es un varón judío de 76 años cuyo estado de salud ya era precario. Ingresó en el hospital el 15 de abril de 1955, dos días después de sufrir un colapso en su residencia y por recomendación de los médicos que lo examinaron. Tras rechazar la posibilidad de una intervención quirúrgica que no garantizaba la recuperación y una vez administrados analgésicos para soportar el dolor, el paciente falleció mientras dormía a las 1:15 horas del 18 de abril.

2. **Antecedentes:** En la primavera de 1895 presentó un certificado médico en el que se señalaba que padecía problemas nerviosos, aunque al parecer se trataba de una treta con objeto de obtener un permiso para abandonar la escuela y reunirse con sus padres en Italia. Desde su época de estudiante superior, en la que vivió solo, ha manifestado problemas estomacales fruto de una dieta deficiente y hábitos alimenticios inadecuados. Se saltaba comidas y abusaba de los dulces. Estos problemas estomacales continuarían durante los siguientes años. En 1901 fue declarado inútil para la prestación de servicio militar suizo al detectársele en el reconocimiento médico varices y pies planos. A partir de 1907 comenzó a trabajar febrilmente en el desarrollo de una nueva teoría. A ello hay que sumar la tensión provocada por la separación en 1914 de su esposa, quien se llevó a los dos hijos de la pareja desde Berlín, donde residía la familia, hasta Zurich. A partir de ese momento llevó una vida de soltero, retomando sus deficientes hábitos alimenticios agravados por la difícil situación que vivía Alemania, inmersa en la Primera Guerra Mundial.



Figura 50: Einstein abandonando el Hospital judío tras su operación abdominal.

Además, tras completar con éxito su teoría a finales de 1915, durante el siguiente año y medio escribió diez artículos y un libro, lo que le obligó a mantener un brutal ritmo de trabajo. Todo ello provocó que en 1918, a la edad de 38 años, el sujeto sufriera un colapso físico y nervioso a consecuencia del enorme desgaste emocional acumulado durante años, llegando a perder 30 kilogramos en apenas dos meses. En un principio se temió que tuviese un cáncer, idea alimentada por el propio paciente que sentía gran aversión ante las enfermedades. En un primer examen se le diagnosticaron cálculos biliares, mientras que pruebas posteriores revelaron que el verdadero problema era una úlcera. Se le recomendó dieta estricta y reposo, que cumplió con una temporada en un balneario. No obstante las molestias estomacales persistirían de por vida.

En 1928 sufrió un nuevo colapso tras cargar una pesada maleta durante un viaje a las montañas suizas y se le diagnosticó un problema de corazón. Debió permanecer en reposo absoluto durante varios meses y el estado de debilidad perduró durante bastante tiempo. Veinte años después, en otoño de 1948 y cuando ya contaba 69 años de edad, se le detectó un bulto en el abdomen tras sufrir recurrentes ataques de nauseas que comenzaban con un borboteo en el estómago que se convertía en un dolor insoportable que culminaba con vómitos, todo ello acompañado de diarrea. Una operación exploratoria llevada a cabo en diciembre en el Hospital Judío de Brooklyn reveló un aneurisma aórtico abdominal*. Dieciocho meses después una nueva exploración mostró que el aneurisma crecía bajo la presión de la sangre. Desde entonces, los dolores no cesaron.

El 12 de abril de 1955 comenzó a sufrir un dolor agudo en la ingle que hasta entonces no había experimentado. El día siguiente se quejó de cansancio y pérdida de apetito. Tras acostarse a primera hora de la tarde, a las 3:30 horas de la madrugada se levantó y salió corriendo hacia el cuarto de baño donde se desplomó. El examen médico al que fue sometido reveló la ruptura del aneurisma. A pesar de que los médicos plantearon la opción de realizar una intervención quirúrgica con la que existía una posibilidad de detener la hemorragia, el paciente se negó alegando que una intervención así sería de mal gusto. Decidió permanecer en su residencia al cuidado de su secretaria, aunque finalmente se le disuadió para que ingresara en el Hospital de Princeton. Al día siguiente experimentó una mejoría y pidió que le llevasen las notas con sus últimos cálculos para proseguir con su trabajo. Falleció a las 1:15 horas del 18 de abril, mientras dormía. Un mes antes había cumplido 76 años.

3. **Historia personal:** Durante gran parte de su vida no se preocupó en absoluto por su salud. Presumía de seguir un régimen consistente en fumar, trabajar mucho y comer lo que se le antojara, dieta que aplicó en sus años de estudiante y, sobre todo, en su etapa en Berlín tras separarse de su primera esposa. Con el tiempo fue moderándose, en gran medida por prescripción facultativa, aunque se las ingenió para seguir fumando a escondidas hasta el final.

4. **Historia familiar:** Su padre murió a los 55 años debido a un problema coronario causado presumiblemente por el estrés generado por el fracaso del negocio familiar. Su madre falleció a los 62 años a consecuencia de un cáncer abdominal del que ya había sido operada con anterioridad. Su hermana pequeña, dos años menor que él, sufrió un ataque al corazón en 1946 que la dejó invalida hasta su muerte, en 1951. Su hijo mayor fallecería en 1973, con 69 años de edad y tras permanecer cuatro semanas en coma después de sufrir un ataque al corazón. Su hijo pequeño manifestó trastornos emocionales desde temprana edad, que con el tiempo degeneraron en esquizofrenia obligándole a pasar largas temporadas en clínicas psiquiátricas. Es de suponer que el problema lo había heredado por vía materna, pues en el historial familiar de la primera esposa del sujeto hay varios casos de inestabilidad mental, y al parecer ella misma había manifestado síntomas, aunque los datos no son concluyentes.

5. **Conclusiones:** El personaje es Albert Einstein, y el diagnóstico de la causa de su deceso una rotura del aneurisma aórtico abdominal.

* Ensanchamiento anormal de la aorta abdominal, la principal arteria que sale del corazón. Es potencialmente letal debido al riesgo de rotura.

“Quiero ser incinerado para que la gente no pueda venir a venerar mis huesos”

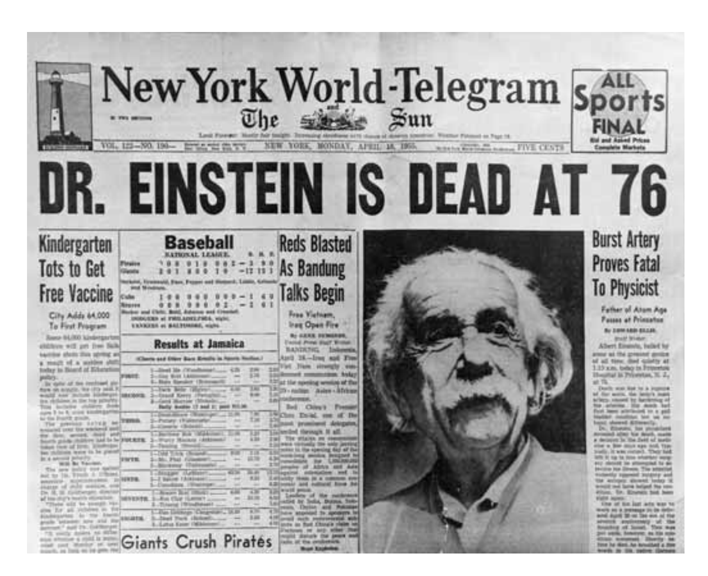
(Recogido por Abraham Pais)

“No necesito la ayuda de los médicos para morir”

(Días antes de su muerte)

...y en polvo te convertirás

El cuerpo de Einstein fue incinerado en Trenton el mismo día de su muerte, en una ceremonia íntima en la que sólo estuvieron presentes doce personas. Dos de ellas, Otto Nathan y Paul Oppenheim, fueron los encargados de arrojar las cenizas en un lugar que nunca se ha dado a conocer pero que actualmente se cree que fue el río Delaware, en un homenaje póstumo a su afición a la navegación.



New York World-Telegram
The Sun

ALL Sports FINAL

DR. EINSTEIN IS DEAD AT 76

Kindergarten Tots to Get Free Vaccine

Baseball

Results at Jamaica

Reds Blasted As Bandung Talks Begin

Burst Artery Proves Fatal To Physicist

Giants Crush Pirates



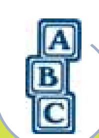
Figura 51: Titulares anunciando la muerte de Albert Einstein.



Figura 52: Hans Albert y Otto Nathan a la salida del funeral.

Que pase el siguiente

Con los dos ejemplos precedentes como modelo, ahora es tu turno para preparar una CCP histórica y exponerla ante tus compañeros. El reto principal debe ser descubrir al famoso personaje, y el “bote” averiguar la causa de la muerte.



Emite un "diagnóstico"

Te presentamos una nueva conferencia clínico patológica histórica. El objetivo principal del juego es identificar al paciente, porque el diagnóstico de la enfermedad resulta mucho más difícil salvo para aquellos que sean médicos precoces. Por ello se ha incidido en la historia personal, que aporta más pistas sobre la identidad del sujeto, a costa de amputar otras "historias".

1. **Presentación del caso:** El paciente, de 32 años y recia constitución física, comenzó a sentir molestias en forma de fatiga y dolor generalizado tras una noche en la que, como era habitual en él, había ingerido gran cantidad de alcohol. Esa misma noche, mientras volvía a abusar del vino, las molestias se transformaron en un dolor agudo y punzante en la zona abdominal que pronto fue reemplazado por escalofríos, sudoración abundante y fiebre. El tratamiento a base de baños de agua fría apenas pudo bajar la temperatura. También se manifestó una rigidez que fue en aumento. Ocho días después de los primeros síntomas el paciente padecía una fiebre extrema, era incapaz de articular palabra y estaba casi completamente paralizado. Tres días más tarde sufrió dificultades respiratorias y murió. Sorprendentemente, entre los síntomas descritos no había ninguno hepático, es decir, nada que señalase daños en el hígado causados por el alcohol. Durante los días transcurridos entre su muerte y la preparación del cadáver para el funeral no aparecieron signos de putrefacción, lo que originó la leyenda sobre su incorruptibilidad. No se ha podido efectuar una autopsia al cuerpo pues se desconoce su localización.

2. **Antecedentes:** El año anterior había sufrido un trauma penetrante en el costado derecho, complicado con un hemoneumotórax. También había recibido heridas punzantes en el muslo y la pierna, y presentaba muestras de heridas en la cabeza. Años antes había contraído una enfermedad caracterizada por la fiebre y la fatiga tras bañarse en el río Cidnus.

3. **Historia personal:** Nacido en Pella, pasó la mayor parte de su vida a caballo entre Asia Menor y Oriente Medio. Durante su infancia y juventud recibió una amplia formación académica fruto de la cual nació su gran afición a la lectura. A los catorce años se convirtió en discípulo de Aristóteles. Al mismo tiempo, recibía intensa instrucción atlética y militar. A los 16 años participó en la primera de las múltiples batallas que libraría, y a los 20 sucedió a su padre tras la muerte de éste. Había estado casado dos veces y era bisexual. Son legendarios sus excesos etílicos, que le causaron varios "disgustos" con algunos de sus mejores amigos.

4. **Historia familiar:** Su padre murió asesinado durante la celebración de la boda de una sus hijas, hermanastra del paciente. Poco antes de su propia muerte, su pareja falleció a causa de una enfermedad febril.

"Nuestra muerte no es un final si podemos seguir viviendo en nuestros hijos y en las generaciones más jóvenes. Para ellos, nuestros cuerpos son sólo hojas caídas del árbol de la vida"

(1926)

17. Einstein descerebrado

"Debo sentirme muy afortunado por permanecer en la oscuridad al no haber sido (psico) analizado"

(1927)

"No siento ninguna necesidad de participar en la competición de los grandes cerebros. Participar (en el proceso) siempre me ha parecido un horrible tipo de esclavitud no menos perverso que la pasión por el dinero o el poder".

(1927; en relación a las promociones académicas)

Pocos meses antes de su muerte Einstein confesó a un amigo que le seducía la idea de donar su cuerpo a la ciencia. Lo cierto es que no dejó instrucciones al respecto, al parecer temiendo que pudiera considerase como un acto teatral a título póstumo. Ello no impidió que el doctor Thomas Harvey, patólogo del hospital de Princeton y autor de la autopsia de Einstein, decidiese por su cuenta y riesgo conservar el cerebro del finado. Como explicaría años más tarde, "nos habían dado permiso para hacer una autopsia y yo supuse que íbamos a estudiar el cerebro". Un razonamiento tan obvio que el emprendedor galeno ni siquiera se preocupó por sondear los sentimientos de sus allegados. Y ello a pesar de que Otto Nathan, fiel consejero de Einstein en su etapa norteamericana, fue testigo de la autopsia aunque no se enteró de lo que estaba ocurriendo. Al día siguiente *The New York Times* publicó un artículo en el que un colega de Harvey relataba la "sustracción", y Nathan reaccionó concediéndole un permiso retroactivo, no se sabe si porque comulgaba con su proceder o sólo con el fin de evitar una desagradable disputa. La pista del doctor Harvey, y con ella la del cerebro de Einstein, acabó perdiéndose en el olvido hasta que en 1978 un reportero del *New Jersey Monthly* descubrió su paradero. El patólogo residía en Kansas y todavía conservaba el cerebro de Einstein en dos frascos que le habían acompañado en todas sus mudanzas. La increíble historia acabó por convertirse en un libro y finalmente, en 1996, Harvey entregó su tesoro al Hospital de Princeton, donde hoy se conserva.

La reaparición del cerebro, en 1978, despertó el interés de algunos neurólogos por examinarlo en busca de indicios que pudieran relacionarse con la genialidad del padre de la relatividad. Un interés que, de momento, se ha materializado en tres estudios. El primero de ellos, publicado en 1985 en la revista *Experimental Neurology* por la Dra. Marian C. Diamond, muestra que el cerebro de Einstein, concretamente la región de la que dependen el lenguaje y otras funciones complejas, presentaba una proporción mayor de células gliales por neurona. Las células gliales son las encargadas de proporcionar soporte y nutrientes a las neuronas, lo que sugiere que el cerebro del físico tenía una necesidad metabólica más elevada de lo normal. O dicho de otra forma, que las neuronas de Einstein disponían de más energía, lo que podría permitirle mantener una actividad más intensa. El segundo estudio, a cargo del Dr. Britt Anderson, apareció en *Neuroscience Letters* en 1996, revelando que la densidad de neuronas en el cerebro de Einstein era superior a la media. Y el tercero, publicado en *The Lancet* en 1999 y realizado por la Dra. Sandra Witelson pone en evidencia una anomalía en la región parietal inferior, responsable del pensamiento matemático y de la habilidad para razonar en términos de espacio y movimiento. El cerebro de Einstein muestra un mayor desarrollo de dicha área en ambos hemisferios, lo que hace que sea un 15% más ancho que el promedio. Además, no presenta sulcus, un surco que recorre esa área, lo que facilitaría la comunicación entre las neuronas.

¿Qué es la inteligencia?

¿Cómo definirías la inteligencia? Compara tu definición con la que aparece en un diccionario. ¿Es lo mismo ser inteligente que listo? ¿Y que astuto? Últimamente se habla mucho de la "inteligencia emocional", ¿sabes lo que es? ¿Crees que Einstein era "emocionalmente inteligente"? ¿Qué otros tipos de inteligencia hay?.

"Mi querido amorcito…primero mi cordial y atrasada felicitación por tu cumpleaños de ayer, que olvidé una vez más"

(Carta a su futura esposa Mileva Maric, en 1901)

Ejercitar la memoria

Einstein ya era bastante "descerebrado" en vida, o al menos eso se deduce de las numerosas referencias a los despistes y olvidos que le acompañaron desde su juventud, y que sugieren que su memoria no era muy buena. No obstante, la memoria es una capacidad que se puede y se debe ejercitar. Te proponemos dos magníficos ejemplos de gimnasia memorística para practicar en grupo:

1. **En clase:** Y con el profesor o uno de los alumnos como maestro de ceremonias. El "maestro" escoge veinte objetos cotidianos diferentes y los muestra durante dos minutos para que todos los jugadores traten de memorizarlos. Transcurrido ese tiempo los cubre y da a los participantes algún tiempo para que anoten todos los que puedan recordar. Comparad los resultados. ¿Cuál es el promedio de objetos recordados?.

2. **Con la familia o amigos:** Disponeos en círculo o según un orden establecido y escoged un tema, por ejemplo la lista de la compra, actores, ciudades…La primera persona se arranca diciendo, por ejemplo, una ciudad; el siguiente debe repetir la ciudad mencionada por su antecesor y añadir otra a la lista; el siguiente debe repetir los dos destinos anteriores antes de hacer su contribución y así sucesivamente hasta que alguno de los jugadores no sea capaz de repetir todos los términos de la lista.

Mucho ojo

Otro que sacó provecho de la autopsia efectuada a Einstein fue el oftalmólogo del Hospital de Princeton, Henry Abrams, quien se llevó los globos oculares del difunto con el permiso del director del hospital, y hasta con una carta firmada por el médico personal de Einstein confirmando su autenticidad. Desde entonces, lo único que se sabe de ellos es que descansan en una caja de seguridad en Nueva York.

1.230 gramos

El cerebro de Einstein pesó 1.230 gramos, algo menos que el promedio de lo que pesa un cerebro adulto, unos 1.400 gramos.

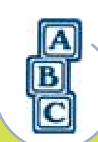
“No tengo talentos especiales. Sólo soy apasionadamente curioso” (1952)

Un CI entre 160 y 180

A pesar de los numerosos comentarios y referencias relativas a su coeficiente de inteligencia (CI o IQ, en inglés), que se sepa Einstein nunca realizó un test para determinarlo. No obstante, algunas estimaciones sugieren que el valor de su CI debía estar en el intervalo comprendido entre 160 y 180.



Figura 53: Dr. Thomas Harvey, jefe de Patología del Hospital de Princeton explica a los periodistas a la salida del centro cómo ha practicado la autopsia a Einstein.



Test IC

Sí, has leído bien IC, que no IQ o CI. Es decir un test de Interrogantes Cerebrales. Un cuestionario para averiguar lo que sabes sobre el cerebro:

1. ¿Qué porcentaje del oxígeno que respiramos consume el cerebro?

- ☐ a. 10%
- ☐ b. 20%
- ☐ c. 30%

2. ¿Qué porcentaje de la masa corporal corresponde al peso del cerebro?

- ☐ a. 2%
- ☐ b. 5%
- ☐ c. 8%

3. ¿Cuántas neuronas tiene un cerebro medio?

- ☐ a. 100 billones
- ☐ b. 100 millones
- ☐ c. 1 millón

4. Sólo podemos mantener activas simultáneamente el 10% de nuestras neuronas:

- ☐ a. Verdadero
- ☐ b. Falso

5. La región que conecta ambos hemisferios del cerebro se denomina:

- ☐ a. Tálamo
- ☐ b. Córtex
- ☐ c. Corpus callosum

6. La región cerebral responsable de la memoria es:

- ☐ a. El lóbulo occipital
- ☐ b. El lóbulo temporal
- ☐ c. El cerebelo

7. La región cerebral responsable de planificar y tomar decisiones es:

- ☐ a. Lóbulo parietal.
- ☐ b. Lóbulo temporal.
- ☐ c. Lóbulo frontal.

8. Si sueles hacer las cosas con tu "lado" derecho del cuerpo (escribir, jugar al fútbol, escuchar a través de una pared...) entonces eres una persona en la que domina:

- ☐ a. El hemisferio derecho.
- ☐ b. El hemisferio izquierdo.
- ☐ c. Ambos hemisferios por igual.

El reto de Einstein

Una de las innumerables anécdotas apócrifas protagonizadas por Einstein le presenta como autor de un conocido problema lógico que supuestamente sólo un 2% de las personas es capaz de resolver. La historia tiene muy poca credibilidad, entre otras cosas porque a Einstein, a diferencia de muchos de sus colegas, los pasatiempos matemáticos no le interesaban lo más mínimo. En cualquier caso, eso no impide que averigües si formas parte de ese elitista 2%, porcentaje que puedes corregir en función de los resultados que obtengan tus compañeros o familiares.

1. Tenemos cinco casas de cinco colores diferentes.
2. En cada casa vive una persona de una nacionalidad diferente.
3. Cada uno bebe una bebida, fuma una marca de cigarrillos y tiene una mascota.

(Continua en la página siguiente)

4. Ninguno de los cinco tiene la misma mascota, fuma la misma marca de cigarrillos o bebe la misma bebida que cualquiera de sus otros cuatro vecinos.
5. El británico vive en la casa roja.
6. El sueco tiene un perro como mascota.
7. El danés bebe té.
8. La casa verde está a la izquierda de la blanca.
9. El habitante de la casa verde bebe café.
10. El individuo que fuma Pall Mall tiene pájaros.
11. El que vive en la casa amarilla fuma Dunhill.
12. El hombre que vive en la casa situada justo en el centro bebe leche.
13. El noruego vive en la primera casa.
14. El hombre que fuma Blend vive justo al lado de que tiene un gato.
15. El individuo que tiene un caballo vive justo al lado del que fuma Dunhill.
16. El que fuma Blue Master bebe cerveza.
17. El alemán fuma Prince.
18. El noruego vive justo al lado de la casa azul.
19. El hombre que fuma Blend tiene un vecino que bebe agua.
20. ¿Quién tiene peces como mascotas?.

18. A cada uno lo suyo

> *"Una mente científica nunca entenderá por qué debe creer unas opiniones por la mera razón de que aparecen en un determinado libro" (1945)*

A pesar de su enorme prestigio, Einstein no se ha librado de las acusaciones de plagio, según las cuales a lo largo de su vida se habría apropiado de las ideas de otros colegas, entre ellos su primera esposa, Mileva Maric.

Juego: Lectura crítica

Algunas de estas acusaciones se basan en el contenido de distintos documentos, o al menos en la interpretación de lo que en ellos está escrito. Las ambigüedades, los errores y las interpretaciones malintencionadas pueden dar origen a muchas confusiones, por lo que es importante leer con cuidado antes de extraer conclusiones. Con objeto de poner a prueba tu capacidad crítica, el texto de este capítulo contiene cinco errores que debes localizar.

Parte de las sospechas sobre la honestidad intelectual de Einstein tienen su origen en la publicación de las cartas de amor que el joven Albert escribió a Mileva durante su noviazgo, alguna de las cuales parecía sugerir que el verdadero cerebro tras la ideas de la relatividad era su primera esposa. La sospecha –conviene aclararlo– ha ido perdiendo fuerza por la pobreza de sus argumentos, tan bizarros como fáciles de desmontar. De hecho, la única mención a su hipotética aportación aparece en una carta de 1901, en la que Einstein escribe: "Qué feliz y orgulloso estaré cuando, juntos, hayamos culminado con éxito nuestro trabajo sobre el movimiento relativo". Además, en esa época Mileva atravesaba una fase depresiva al no haber logrado licenciarse en la ETH y descubrir que estaba embarazada de Albert. En este contexto es más razonable interpretar que su novio trataba de animarla a continuar, recordándole los planes que habían hecho en su etapa de estudiantes para dedicarse juntos a la investigación. En el resto de las misivas conservadas de esta época, tanto las de Einstein a Mileva como las de ésta a su amado, no sólo no existe ninguna otra mención a su trabajo en pareja, sino que mientras que las cartas de él están llenas de nuevas ideas que quiere compartir con Mileva, los únicos comentarios relativos a la física presentes en las de ella se refieren a algún libro que había leído o a alguna conferencia a la que ha asistido.

El otro argumento a favor de Mileva se basa en el obituario que el físico soviético Abram Joffe escribió sobre Einstein en 1954 y en el que dice que "el autor de estos artículos (en referencia a los de 1905), una persona desconocida en ese tiempo, era un empleado de la oficina de patentes en Berna, Einstein-Marity". El "Marity" de la firma sería la germanización del Maric de Mileva, lo que "demostraría" que cuando menos era la coautora. En realidad, lo único que demuestra es la costumbre suiza de añadir el apellido familiar detrás del de la esposa. Pero hay más razones que permiten descartar las acusaciones

de "apropiación indebida", por ejemplo que Mileva nunca –ni antes, ni durante, ni después de publicarse los artículos, ni aún después de su tormentosa separación de Einstein– hizo alguna aportación a la física o dio muestras de un talento que le hubiese permitido desarrollar dichas ideas. Y además, lejos de quejarse o reclamar, aunque fuese en privado, remitió a sus amigas varias cartas en las que se mostraba orgullosa del trabajo de su esposo. Así, en 1906, reconocía a una de ellas que "los artículos que ha escrito todavía tienen que llegar muy alto". Actualmente, la opinión más generalizada es que Mileva colaboró en el primer artículo de Einstein, un trabajo de 1901 que versaba sobre la capilaridad, quizá ayudándole a obtener datos experimentales que borraran sus hallazgos teóricos. Además fue una de las pocas personas, junto a un selecto puñado de amigos y colegas, con las que Einstein discutió sus ideas.

La leyenda negra sobre la rapacidad intelectual de Einstein no se ceba exclusivamente en Mileva y alcanza también a su amigo íntimo Michelle Besso. En este caso las pruebas son todavía más pobres y se basan en una carta que Besso le envió el 5 de mayo de 1917 en la que escribe: "No debemos menospreciar las ideas de Mach, ¿acaso no nos allanaron el terrible camino a través de las relatividades? Y quién sabe a dónde pueden llevar a Don Quijote de la Einstina en el caso de ¡los terribles cuantos!". La posible ambigüedad de ese "nos allanaron" se resuelve en la segunda parte de la frase donde Besso bromea con la idea de ser el fiel escudero de su quijotesco amigo, quien por cierto le dedicó una mención de agradecimiento al final de su artículo. En todo caso, tampoco hay noticias de que realizara otras contribuciones a la física, o de que en algún momento hubiese reclamando su cuota de protagonismo en la formulación de la relatividad.

Pero las acusaciones de usurpador intelectual no son nuevas para Einstein, a quien ya al comienzo de su carrera se le acusó de plagiar las ideas de Hendrik y Lorentz, dos de los gigantes científicos de la época y que poco antes de que Einstein publicase su artículo habían llegado a ideas similares, aunque sin llegar a descifrar la esencia del problema. Algunos irreductibles se empeñan en mantener la acusación, aún cuando el "malentendido" quedó zanjado desde el momento en que los presuntos plagiados reconocieron el valor del trabajo y la genialidad de Einstein. ¿Y de verdad alguien puede creer que un desconocido empleado de tercera en una oficina de patentes saldría bien parado si estas eminencias le acusasen de haber copiado sus teorías? Si nos fiamos de los recuerdos de Einstein, cuando escribió su artículo sobre la relatividad había leído algunos trabajos de ambos, pero todavía no tenía constancia de sus últimos artículos.

Curiosamente, quien tendría más motivos para quejarse de haber sido "plagiado" (nótese el entrecomillado) sería Aaron Bernstein, autor de las guías de ciencia que Einstein leyó con avidez a los doce años y que despertaron en él su vocación por la ciencia (Véase Los secretos de "El Viejo"). Historiadores especializados en la figura de Einstein han estudiado estos libros encontrando algunas ideas "familiares". No en vano, Bernstein habla de la naturaleza corpuscular de la luz, insiste en la existencia de fuerzas que unifican el universo, explica que se puede describir el mundo en términos del comportamiento de las partículas subatómicas y hasta menciona la posibilidad de la desviación de la luz por un campo gravitatorio.

Y ahora, después de tan reveladora lectura, resulta imprescindible realizar el siguiente juego.

"Un científico es una mimosa cuando ha cometido un error, y un rugiente león cuando descubre un error cometido por otros"

(Citado por Ehlers en Liebes Hertz!)

A Einstein no le hacía demasiada gracia que sus manuscritos fuesen revisados antes de su publicación, tal y como sigue siendo norma habitual. En realidad, habituales son ambas cosas, que las revistas encarguen la evaluación de los textos que van a publicar a especialistas en la materia para cubrirse las espaldas y que el autor reniegue de la medida. Esta resistencia nunca resultó tan evidente como cuando, en el verano de 1936, envió un artículo a la prestigiosa revista *Physical Review* y uno de los encargados de revisarlo se lo devolvió con ¡diez páginas de comentarios! Einstein se sintió tan ultrajado que les respondió a los editores que se olvidasen de publicar el artículo, alegando que podría sacarlo donde quisiese y que no tenían ningún derecho a mostrar el texto a nadie antes de su publicación.

2+a=6

¡Más del 70%!

En 2004 una cadena de televisión estadounidense programó el documental *Einstein's wife* que ofrecía una visión partidista del presunto plagio de Einstein a Mileva. La emisión iba acompañada de una encuesta en Internet *(http://www.pbs.org/opb/einsteinswife/)* en la que se preguntaba: "¿Colaboró Mileva con Albert en los artículos científicos de 1905?" Más del 70% de las la personas que respondieron lo hicieron de forma afirmativa.

19. Falsedad matemática

"La física es esencialmente una ciencia intuitiva y concreta. Las matemáticas sólo un medio para expresar las leyes que gobiernan los fenómenos"

(Recogido por Solovine en su introducción a Letters to Solovine)

La supuesta negligencia de Einstein para las matemáticas completa, junto a las acusaciones de plagio (véase A cada uno lo suyo) y de haber sido un estudiante mediocre (véase La mala educación), la terna de falsos mitos que circulan sobre su persona.

El pilar fundamental de la acusación de "matemático incompetente" es una cita de David Hilbert, quien desde su cátedra de Gotinga se había convertido en el gran pope de las matemáticas de la época: "Cualquier alumno de Gotinga sabe más geometría tetradimensional que el mismo Einstein. Sin embargo, a pesar de esto, fue Einstein quien hizo el trabajo, y no los matemáticos". Al igual que ocurre con los rumores, la frase de Hilbert fue adelgazando con el tiempo y pronto aparecieron versiones tendenciosamente abreviadas según las cuales "cualquier alumno de Gotinga sabe más geometría que Einstein", lo que pone en evidencia que una cita utilizada fuera de su contexto puede dar lugar a monumentales equívocos. Así pues, contextualicemos. En el verano de 1915 Einstein estaba al borde de una crisis nerviosa, pues llevaba años tratando de deducir las ecuaciones de la Teoría de la Relatividad General. Ofreció entonces una conferencia sobre las dificultades matemáticas que planteaba su idea en la universidad de Gotinga, y Hilbert, que asistió a la charla, quedó tan fascinado por la cuestión que se puso a trabajar en ella. Poco después, en octubre, Einstein encontró una solución y Hilbert hizo lo propio, aunque de forma independiente y siguiendo un camino distinto. La simultaneidad de resultados es uno de los focos de polémica más frecuentes en la historia de la ciencia, pero en un acto que le honra, lejos de intentar apuntarse el tanto, Hilbert afirmó que el honor correspondía a Einstein puesto que suya había sido la idea de expresar la gravedad como la consecuencia de la deformación del espacio-tiempo. Con esta perspectiva, el episodio habla maravillas de las aptitudes matemáticas de Einstein, quien fue capaz de llegar a los mismos resultados que el mayor experto del momento.

En cualquier caso, Hilbert no fue el único que colaboró en la formulación matemática de la Teoría General de la Relatividad, pues ya en 1911 Einstein recurrió a Marcel Grossman, con quien mantenía una buena amistad desde los tiempos en que ambos estudiaban en la ETH. La verdad es que el problema que abordaba era demasiado complejo y requería de ciertos conocimientos que él no manejaba con la suficiente fluidez, como la geometría de las superficies curvadas desarrollada en su momento por Riemann.

Por otra parte, está bastante extendida la opinión de que los artículos de 1905 tenían "pocas matemáticas", lo que contribuiría a alimentar la leyenda de las limitaciones de Einstein para esta disciplina. Sin embargo, se trata de una verdad a medias, pues aunque los artículos sobre la Relatividad Especial carecen de complejos desarrollos matemáticos, no ocurre lo mismo con el resto de los trabajos de su *annus mirabilis.* Tanto el artículo sobre el movimiento browniano, como el del efecto fotoeléctrico, e incluso su tesis doctoral sobre una nueva forma de calcular el número de Avogadro –que también presentó en 1905– estaban todos basados en la descripción estadística de sistemas que contienen un elevado número de partículas, y mostraban un elevado nivel de competencia matemática. De hecho, cuando años después Minkowski presentó su elegante formulación matemática para la Teoría de la Relatividad

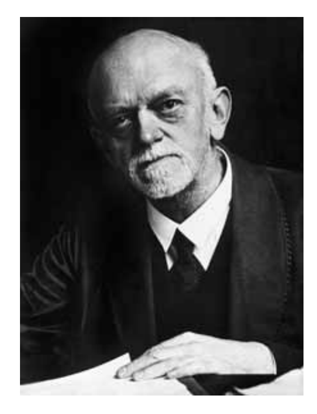


Figura 54:
David Hilbert. Matemático alemán.

Especial (Véase El salto a la fama), Einstein mostró su desacuerdo por considerarla un artificio innecesario que ocultaba la realidad física y la simplicidad de su razonamiento.

Lo más curioso de esta historia es que la cita de Hilbert, el hecho de que Einstein recabase la ayuda de Grossmann y su resistencia a esconder la esencia de la relatividad tras una confusa pantalla matemática sólo parecían confirmar un mito. El que el propio Einstein cultivaba con esmero, fomentándolo con sus constantes chascarrillos acerca de su incapacidad para las matemáticas, una estrategia que le permitía proyectar la imagen de hombre sencillo con que gustaba presentarse ante la sociedad.

“Lo que llamamos física comprende el grupo de ciencias naturales que basan sus conceptos en medidas, y cuyos conceptos y proposiciones se prestan a formulaciones matemáticas”

(1940)

“No te preocupes por tus dificultades matemáticas, puedo asegurarte que las mías son mayores”

(En respuesta a la carta de una estudiante, en 1943)



“Apenas puedo entenderlo”

Einstein no se mostró en absoluto entusiasmado por la formulación matemática que Minkowski propuso para su Teoría de la Relatividad Especial en 1908, una formulación que consideraba completamente prescindible. Cuando tres años después Max von Laue publicó *Das Relativitastsspinzop,* el primer libro de texto sobre la relatividad y en el que aplicaba el trabajo de Minkoswki, Einstein comentó en tono jocoso que apenas era capaz de seguirlo. Sólo se rindió a la evidencia de la importancia de la aportación del matemático ruso cuando desarrolló la formulación final de la Relatividad General, mucho más “matemática” que su antecesora.

El libro santo de las matemáticas

Así denominaba Einstein al pequeño libro de texto que siendo un niño le reveló el poder del pensamiento matemático, tal y como muchos años después él mismo recordaría: “A la edad de doce años quedé sorprendido con un trabajito que desarrollaba la geometría plana euclidiana, que cayó en mis manos al comienzo de un curso escolar. Había allí afirmaciones como por ejemplo que las tres alturas de un triángulo se cortan en un punto, lo cual –aunque no parecía evidente– no obstante podía probarse con tal certidumbre que no había duda alguna sobre esta cuestión. Esta lucidez y certeza me impresionó indescriptiblemente”.

A las pruebas te remito

Otra prueba de que Einstein no era un desastre en matemáticas es que se aficionó a la disciplina cuando a los once años su tío Jakob le descubrió el Teorema de Pitágoras, que logró demostrar por su cuenta tras varias semanas de trabajo. Ahora prueba tú a intentar demostrarlo.

¡Que error!

En 1913 Einstein y Grossmann publicaron un artículo en el que se avanzaba la idea de que las fuerzas gravitatorias sólo eran la expresión de la curvatura del espacio-tiempo, aunque un error del primero les impidió llegar a las ecuaciones matemáticas que las relacionaban. Y no es por disculpar a Einstein, pero lo cierto es que es fácil cometer un desliz en medio de una farragosa demostración matemática, e incluso de una bastante menos farragosa como la que a continuación se presenta, y que conduce al resultado 2 = 1. ¿Dónde está en este caso el error?

Sean $\mathbf{a = b}$

Si se multiplican ambos lados por **a** se tiene: $\mathbf{a^2 = ab}$

Ahora se suman a ambos lados $\mathbf{a^2 - 2ab}$: $\mathbf{a^2 + a^2 - 2ab = ab + a^2 - 2ab}$

Que también puede expresarse como: $\mathbf{2(a^2 - ab) = a^2 - ab}$

Y dividiendo ambos entre $\mathbf{a^2 - ab}$ se obtiene que $\mathbf{2 = 1}$

20. Aficiones y vicios confesables

“La única cosa que me proporciona placer, aparte de mi trabajo, mi violín y mi barco de vela, es el aprecio de mis colegas”

(Citado por Highfield y Carter en Las vidas privadas de Albert Einstein)

“Sé que las mayores satisfacciones en mi vida han venido de mi violín”

(También en Las vidas privadas de Albert Einstein)

20.1. Música maestro

“Einstein toca excelentemente. Sin embargo su fama mundial es inmerecida. Hay muchos violinistas que son al menos tan buenos”, escribió en cierta ocasión un crítico musical, desconcertado tras asistir a un concierto benéfico ofrecido por el gran científico. La valoración, aparte de revelar el despiste de su autor, demuestra que Einstein era un intérprete notable.

La música fue la principal afición de Einstein a lo largo de su vida, o al menos a partir de los seis años, cuando comenzó a recibir en su casa lecciones de violín y piano decantándose rápidamente por el primero de los instrumentos. A los trece años descubrió que quería tomarse la música en serio escuchando las sonatas de Mozart, una revelación que convertiría a su violín en un compañero inseparable*. Lo llevaba consigo a todas partes y aprovechaba cualquier ocasión para tocarlo, solo o acompañado por quien se terciase: vecinos, intérpretes famosos –a partir de que él mismo alcanzase la fama– o colegas como Paul Ehrenfest o Max Planck, ambos consumados pianistas.

Además de tranquilidad y distracción, la música probablemente también le proporcionaba una vía para afinar sus ideas sobre el mundo físico, como sugieren las palabras de su segunda esposa: “La música le ayuda cuando está pensando sobre sus teorías. Va a su estudio, vuelve, toca unos cuantos acordes al piano, apunta algo y vuelve al estudio”.

* Einstein sólo dejó de tocar el violín cuando empezó a perder agilidad en la mano izquierda, y decidió guardar para siempre a su “viejo amigo”, que dejaría en herencia a Bernhard Caesar, su nieto favorito.

“Primero improviso y si eso no me ayuda, entonces busco descanso en Mozart”

Explicando cómo se relajaba después de trabajar. Recogido en Liebes Hertz!)

“¡Lo que escribió aquí Mozart no tiene sentido!”(Mientras luchaba por tocar una pieza de Mozart.

(Citado por Margot Einstein y recogido en Einstein in America)

“Esto es lo que tengo que decir sobre la obra de Bach: escuchen, toquen amen, reverencien y mantengan sus bocas cerrada”

(Ante la insistencia de un periodista que quería conocer su opinión sobe Bach; en 1928)

20.2. Acordes y desacuerdos

Existe un magnífico repertorio de anécdotas referidas a los problemas de Einstein para seguir el ritmo cuando tocaba acompañado. Marcel Dick, violinista del Cuarteto Stradivarius visitó a Einstein en Princeton a finales de los años 30 para una velada de cámara. Se decidieron por un cuarteto de Haydn que comenzó sonando bastante bien, pero tras una pausa de tres compases Einstein se equivocó en la reentrada. Dick cuenta que la música cesó, y con una sonrisa inolvidable Einstein se disculpó diciendo: "Nunca he sabido contar". Una confesión que corroboran otras anécdotas similares, como la ocasión en que tras perder el ritmo de la pieza, su compañero de dueto, el compositor y pianista austriaco Arthur Schnabel se lo recriminó en tono burlón exclamando: "¡Profesor!, ¿es que no puede usted contar?".

Pero sin duda, la anécdota más delirante nos llega de la mano de Lady Neysa Perks a raíz de una velada a la que fue invitada en la residencia berlinesa de los Einstein en 1930. Después de cenar los invitados se trasladaron a un salón contiguo para escuchar la interpretación de un cuarteto de Beethoven a cargo de Einstein y otros tres invitados. "Einstein tocaba bien y sus dedos gordos y blancos como pequeñas salchichas volaban sobre las cuerdas, tan rápido que pronto se adelantó a los demás. El pianista se detuvo y preguntó:

- ¿Dónde está usted Herr Profesor?

- En la página dos, última línea –respondió Einstein.

- ¡Oh, vaya! -dijo el chelista. –¡Yo estoy al principio de la segunda página!

- Pues yo todavía al final de la página uno –dijo el otro violinista.

- Después de aclarar la confusión todos volvieron al principio. Fue una noche memorable".





La mejor caja de resonancia de Europa

Durante su etapa en la oficina de patentes Einstein solía conversar con su íntimo amigo Michelle Besso, a quien se refería como "la mejor caja de resonancia de Europa para las ideas físicas". La descripción tiene mucho de "deformación vocacional", ya que la caja de resonancia o cuerpo de un violín –y en general de cualquier instrumento similar– es la encargada de amplificar las ondas sonoras producidas por la vibración de las cuerdas y convertirlas en un sonido claramente audible. Para comprobarlo, nada mejor que un sencillo experimento para "cocinillas". Coge un bol o un recipiente semejante y tápalo con plástico para conservar los alimentos, asegurándote de que queda bien tenso. A continuación pega una goma elástica con un poco de cinta adhesiva en el centro de la cubierta de plástico. Estira la goma y suéltala. Escucharás un bien audible y onomatopéyico "tuaun". Compáralo con el sonido que hace la misma goma si la pegas a la superficie de la mesa y repites la interpretación.



"(La navegación es) el deporte que exige menos energía"

(Citado por French en Einstein: A centenary volume)





20.3. Viento en popa a toda vela

La navegación a vela fue, junto a la música, la gran afición de Einstein, quien no mantenía otra actividad física a excepción de sus largos paseos. A bordo de su pequeño barco podía estar solo y en muchas ocasiones se excusaba en que le apetecía salir a navegar para soltar amarras y aislarse. Al parecer, era un patrón bastante "osado", ya que le gustaban las maniobras arriesgadas y disfrutaba metiéndole el miedo en el cuerpo a sus ocasionales tripulantes. Tal vez por ello, la lujosa embarcación que sus amigos le regalaron por su cincuenta cumpleaños y con la que salía a navegar por el río Havel, a orillas del cual tenía su casa de verano en Caputh (Alemania), recibió el nombre de *Tummbler* (Acróbata). Más tarde, en sus años de Princeton surcó las aguas del lago Carnegie en un "bote" mucho más modesto bautizado como *Tinnef,* palabra hebrea que aludía a su construcción barata.

Fruto de su pasión por la navegación, en 1925 Einstein escribió un curioso artículo sobre el funcionamiento del barco *Flettner,* una extraña embarcación inventada por el alemán Anton Flettner en la que dos largos tubos cilíndricos giratorios –que rotaban bajo la acción de un motor– reemplazaban a los tradicionales mástiles con velas y que avanzaba gracias al efecto producido por el viento al soplar alrededor de dichos cilindros. Una idea, que décadas después fue reflotada por el oceanógrafo Jacques Cousteau para propulsar su *Alcyone.*



Figura 55: Barco tipo Flettner. Buckau.

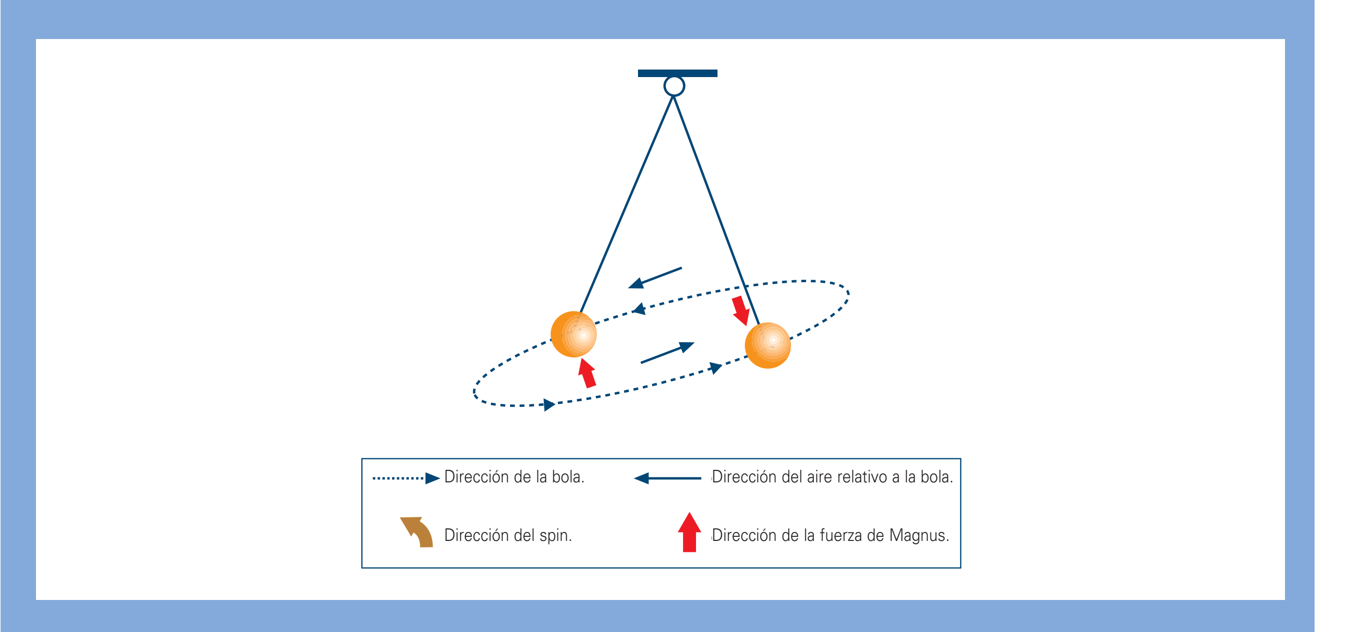
Que la fuerza te acompañe

Explica de dónde procede la fuerza que impulsa a estas peculiares embarcaciones. ¿Una pista? La clave está en el denominado efecto Magnus.

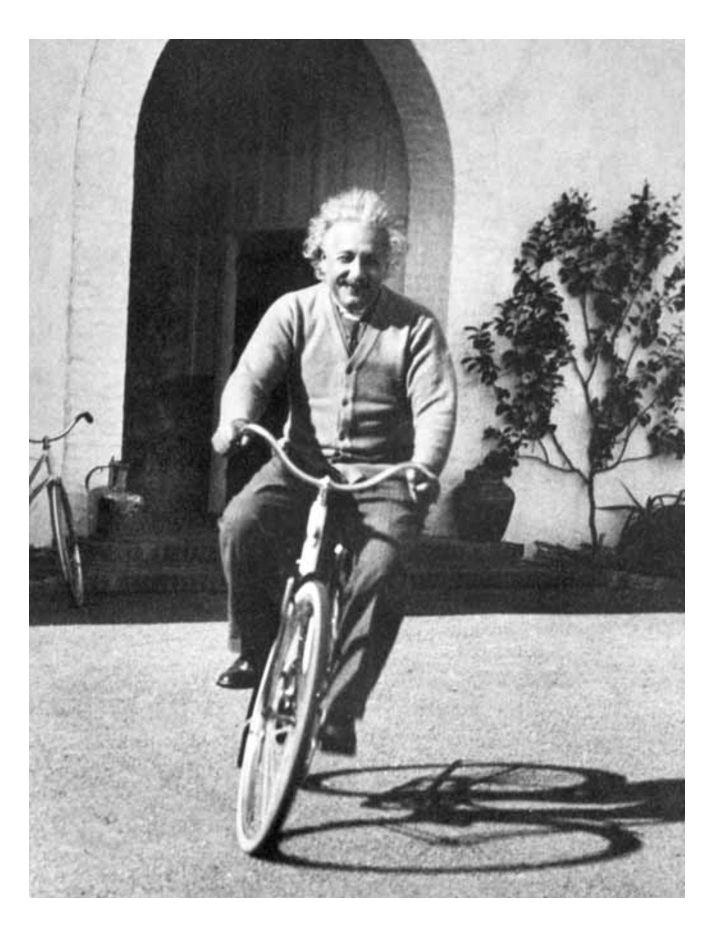
Controla la fuerza

Si todavía no has intentado resolver en serio la actividad anterior, no sigas leyendo estas líneas. En caso contrario, quizá hayas averiguado que una forma de ver en acción el efecto Magnus consiste en hacer girar sobre sí misma una pelota e imprimirle simultáneamente un movimiento de traslación. Para ello ata, el extremo de una cuerda fina a una goma elástica y sujeta con la goma una bola de tenis, como si se tratase de un cinturón. Ata el otro extremo de la cuerda a un soporte firme que garantice que la bola puede colgar libremente.

En primer lugar, haz oscilar la pelota como un péndulo. ¿Oscila siempre en el mismo plano?. A continuación, vuelve a lanzar la pelota pero antes hazla girar unas cincuenta veces, de forma que la cuerda se enrosque. ¿Cómo son ahora las oscilaciones del péndulo? ¿Se mantienen en el mismo plano? ¿A qué se debe?.



La fuerza asociada al efecto Magnus se debe a que el aire que circula alrededor de un cuerpo que gira lo hace a mayor velocidad por un lado que por el otro, es decir, la velocidad de giro de la pelota se suma o se resta a la velocidad del aire dependiendo del punto de la pelota que estudiemos. Esto provoca una diferencia de presión a ambos lados del objeto, y en consecuencia y por el principio de Bernoulli, una fuerza. De este experimento se deduce que el efecto Magnus, además de ser el encargado de impulsar al Alcyone y al Flettner entre otros barcos, es también el responsable de las bolas liftadas de Nadal, de los lanzamientos con rosca de Beckham y en general de cualquier lanzamiento con efecto en los deportes de pelota.



20.4. Dos hombres y un destino

El otro hombre es Paul Newman, y el destino compartido por ambos es que los recordemos montados sobre una bicicleta, aunque no tengan nada que ver con el ciclismo. Newman lo hizo en una famosa escena de la película *Dos hombres y un destino,* y Einstein en esta instantánea, que es una de sus imágenes más conocidas. La fotografía fue tomada el 6 de febrero de 1933 en Santa Bárbara, en la residencia de unos amigos de los Einstein.

"Siempre he comido carne con un cierto sentimiento de culpa"

(1953)

20.5. Rico, rico y con fundamento

En sus años mozos, antes de que los problemas estomacales y la úlcera (Véase La salud es lo primero) le obligasen a comedirse para evitar un disgusto, Einstein debió ser un goloso considerable. Esta suposición se fundamenta en los testimonios que algunos de sus íntimos nos han dejado sobre tan importante materia. Mileva, su primera esposa, dejó constancia del revitalizador efecto que sobre el espíritu de su por entonces compañero de estudios causaban los paquetes con tartas y pastas que su madre le enviaba. De su pasión por el yantar habló también uno de sus compinches de la Academia Olimpia, Maurice Solovine, (Véase Dime con quién andas) al afirmar que "cuando Einstein comía algo fuera de lo normal entraba en éxtasis y lo elogiaba en términos extravagantes". En cierta ocasión y con motivo de su cumpleaños, Solovine y Habitch –el otro integrante de la Academia– se rascaron el bolsillo para regalarle una lata de caviar; un poco para homenajearle y un mucho para reírse con los adjetivos que ya imaginaban que le iba a dedicar a semejante *delicatessen.* Lástima que, según recuerda Solovine, en ese momento Einstein estaba tan enfrascado explicándoles el principio de inercia de Galileo que lo engulló sin reparar en lo que estaba comiendo. Cuando sus desilusionados amigos se lo dijeron, él les respondió: "Así que esto era caviar. Bueno, si regaláis comida para *gourmets* a campesinos como yo, ya sabéis que no lo apreciarán".

El propio Einstein dejó numerosas pistas sobre sus preferencias gastronómicas, por ejemplo en la romántica confesión que realizó por carta a Elsa agradeciéndole el envío de unos paquetes de cortezas de ganso, ya que eso le conmovía mucho más que cualquier hermoso poema que le pudiera escribir. "Sé lo que los psicólogos pensarían de esto, y no me avergüenzo", añadía. Visto lo visto, a uno le queda la duda de cómo debió reaccionar Einstein ante el sofisticado y latinizado menú relativista con el que Campalans le obsequió en la cena que organizó en su honor durante su estancia en Barcelona en 1923 (véase Bienvenido Mr. Einstein).

Enfrascados con Galileo

El principio de inercia al que hace referencia el texto dice que un cuerpo en movimiento sobre una superficie horizontal y sin rozamiento no cambia de rapidez ni de dirección. Dicho principio fue introducido por Galileo en uno de sus famosos diálogos, en el que Salviati hace ver a Simplicio que, si se da ímpetu hacia abajo a un cuerpo apoyado en una superficie bien pulida e inclinada, la velocidad del cuerpo aumenta; en cambio, si se lo impulsa hacia arriba, se frena. Y del mismo modo, si se hace deslizar dicho objeto por una superficie inclinada descendente y a continuación se sitúa una idéntica pero ascendente en condiciones ideales, el cuerpo se detendría justo a la misma altura de la que había partido. Y ahora que ya estamos enfrascados en el principio de inercia galileano, vamos a ponerlo a prueba con dos experimentos sobre planos inclinados.

Para el primero necesitas dos frascos cilíndricos exactamente iguales, una docena de arandelas metálicas (en su defecto pueden servir tuercas suficientemente pesadas); cinta adhesiva por las dos caras o pegamento; y una rampa o plano inclinado. Pega la mitad de las arandelas, distribuidas regularmente por todo el perímetro, en la cara interna de uno de los frascos. Con la otra mitad de las arandelas forma dos columnas y pega una en el centro del fondo del frasco y la otra en el centro de su tapa. Una vez listos, coloca ambos frascos en el extremo superior de la rampa y suéltalos al mismo tiempo (Repite el experimento varias veces para comprobar las observaciones) ¿Qué sucede? Busca una explicación para lo observado.

"Yo no bebo, así que todo eso a mi me da lo mismo"

(En una conferencia de prensa en relación a la ley seca, en 1930)

Para el segundo experimento únicamente hacen falta, además de la rampa inclinada, dos latas idénticas, pero no de caviar, por fortuna –pues eso es lo que cuestan-, sino de cerveza. Eso sí, sin abrir. Agita una de las latas vigorosamente mientras la otra reposa y acto seguido coloca ambas a la misma altura en el extremo superior del plano inclinado y suéltalas al mismo tiempo. ¿Qué sucede ahora? ¿Cuál crees que es la explicación?.

Una extraña ecuación

Tabaco + Comida^2 + (Trabajo^4)^2 = TGR + Úlcera

La parte situada a la izquierda de la igualdad es la representación de la peculiar receta de Einstein: "Fumar como un carretero, trabajar como una mula y comer sin consideración ni selección". Donde la Comida está elevada al cuadrado por lo de "sin consideración ni selección", en tanto que el Trabajo está elevado a la cuarta por la naturaleza cuadrúpeda de la mula, y luego al cuadrado por su querencia a equipararse a tan desprestigiado animal, y que le llevó a afirmar que una de las principales razones por las que había llegado a formular sus teorías era que poseía "la terquedad de una mula, el único don que Dios le dio". La parte derecha de la ecuación se refiere los resultados obtenidos: la Teoría General de la Relatividad y una úlcera. No se incluyen otras teorías debido a que Einstein aplicó esta fórmula fundamentalmente durante su época de separado en Berlín, desde el verano de 1914 hasta finales de 1916. Aunque siguió fumando durante toda su vida, sólo comió lo que quiso mientras su estómago se lo permitió. Y pese a que el trabajo siempre fue una prioridad para él, nunca invirtió tanto tiempo y esfuerzo como mientras luchaba por encontrar las ecuaciones de la Relatividad General.

Conste que si nos hemos permitido la licencia de improvisar esta ecuación es porque, en su momento, Einstein hizo algo parecido. En 1896, siendo un joven rebelde y mordaz, desarrolló una ecuación que representaba la esencia de la aburrida ciudad italiana de Pavia, donde se había instalado su familia. En palabras de Einstein, la fórmula tendría que tener en cuenta la cantidad de estacas que se diría que habían tragado sus rígidos habitantes y la presión en sentido descendente que sobre su espíritu ejercían los mugrientos muros y calles de la ciudad. Ecuación de la que se deduce que Einstein estaba encantado de la vida en Pavia y que ya era muy ingenioso.

21. “Era un mujeriego y un libertino”

Así describió a Einstein su nieta Evelyn, que algo sabría de las andanzas de su abuelo ¿Cómo encaja esta reveladora definición con la imagen de santurrón con la que le solemos identificar? Sencillamente, no encaja. Pero es que, como el propio Einstein dijo en una ocasión: “la gente cree que soy un santo o un huevo sin cáscara y no soy ninguna de las dos cosas, gracias a Dios”.

Desde bien temprano Einstein demostró su afición a la compañía femenina. Ya fuese por su atractivo personal –eso que cada cual lo juzgue por sí mismo–, por su ingenio o por sus dotes musicales, lo cierto es que gozaba de un relativo éxito entre las jovencitas de su entorno. Esto le permitió disfrutar intensamente del amor, aunque como correspondía a la época, en un principio se trataba más de románticos devaneos juveniles que de verdaderas “aventuras”. Éstas llegarían más tarde, al final de su unión con Mileva. Así, en 1912, con 33 años y cuando su matrimonio ya estaba más que condenado y la vida marital se limitaba a una distante convivencia en habitaciones separadas, Einstein inició un romance con su prima Elsa. Lo cierto es que hasta ese momento no hay evidencias de que le hubiese sido infiel a su esposa, aunque la falta de pruebas tampoco garantiza nada, porque se sabe que estando ya comprometido con Elsa tuvo al menos una amante en Berlín.

La eclosión del Einstein mujeriego y libertino se produjo a sus cuarenta años, cuando la fama mundial le convirtió en una superestrella mediática tan conocida como cualquier actor de Hollywood y, por consiguiente, en el objeto del deseo de muchas féminas, primero en Berlín y luego en EEUU. Todo ello para desgracia de Elsa, ya convertida en su segunda esposa, que tuvo que soportar las numerosas infidelidades de su marido, quien ni siquiera se molestaba en disimular sus aventuras y no se privaba de acudir a conciertos o pasear con alguna de sus numerosas amigas. Esta actitud dio lugar a situaciones tan “incómodas” como la que tuvo lugar en 1928, cuando a punto de cumplir 50 años y para recuperarse de sus problemas de salud, Einstein acudió a un balneario acompañado de su esposa, su hijastra, su secretaria y la que en aquella época era su amante: una rica viuda judía



Figura 56: Einstein con su mujer Elsa.



Figura 57: Einstein rodeado de un grupo de jovencitas.

berlinesa llamada Toni Mendel. Para entonces Elsa ya había asumido la situación, y así cuando las amigas de su marido acudían a la residencia familiar ella se marchaba a pasar el día fuera, dejando el camino expedito para las correrías de su esposo. Einstein dejó un reguero de aventuras casuales y algunas pocas más duraderas, aunque intermitentes, como la que mantuvo durante años con la ya mencionada Toni Mendel. Pero siempre evitó comprometerse, fiel a su filosofía de que los lazos afectivos no se interpusiesen entre él y su amante más fiel: la física.

"Nunca antes había experimentado del sexo débil un rechazo tan enérgico a todas mis insinuaciones, o al menos nunca de tantas mujeres a la vez"

(En respuesta a la organización de mujeres americanas que se habían manifestado por su visita a EEUU. 1928)

¿Eres su tipo?

¿Qué tipo de mujeres atraían a Einstein? Para responder a esta cuestión, nada mejor que preguntar a sus allegados. Por ejemplo a Janos Plesch, médico y amigo íntimo, o a su hijo Peter, quien a través de su padre también estaba al tanto de las canas al aire –¿guardará esto alguna relación con su descontrolada melena?– del científico. Según Janos: "En la elección de sus amantes no hacía grandes distinciones, pero se sentía más atraído por una rotunda hija de la naturaleza que por una sutil mujer de sociedad". Peter todavía es más descriptivo y posiblemente algo exagerado: "A Einstein le chiflaban las mujeres y cuanto más vulgares, sudorosas y malolientes eran, mejor".

"Todos los matrimonios son peligrosos"

(Citado por Otto Nathan en el libro de J. Sayen Einstein in America)

21.1. El matrimonio no es para Einstein

"El matrimonio es un intento fracasado de hacer algo duradero de un incidente". "El matrimonio es la esclavitud con vestimenta cultural". "Seguramente el matrimonio fue inventado por un cerdo antipático". Tales eran las opiniones que Einstein mantenía sobre la institución matrimonial, lo que a priori hace difícil comprender los motivos de que él mismo se casase en dos ocasiones.

Pero todo tiene su explicación. Cuando, a punto de cumplir los veinticuatro años y pese a no contar con el apoyo de sus familias Einstein se casó con Mileva Maric, lo hizo enamorado. Pero pronto el distanciamiento entre ambos resultó evidente. Vivían en mundos diferentes. Mileva se confesaba hambrienta de un amor que su marido no le podía dar, demasiado absorbido por el trabajo y los amigos. Por su parte, Albert comenzó a lamentarse de que su mujer se encerraba cada vez más en sí misma, acabando por aborrecerla y crucificarla –literalmente, pues en sus cartas se refería a ella con una cruz–. En el verano de 1914 se consumó la separación. Las vacaciones estivales y la

inminencia de la guerra fueron la excusa para que Mileva y los niños abandonasen Berlín, donde nunca se habían sentido a gusto, regresando a su añorada Zurich. Su agria separación –tan agria que al principio Einstein describía a su ex como un miembro amputado– y posterior divorcio no supusieron ni mucho menos la ruptura definitiva entre Albert y Mileva. Sus hijos fueron el nexo que les mantuvo unidos, de modo que cuando Einstein iba a verles a Zurich se alojaba en la casa familiar. Este peculiar vínculo sólo acabaría por romperse tras su marcha a EEUU.

Tras su ruptura con Mileva, Einstein disfrutó de su vida de soltero en Berlín, compaginando sus escarceos "informales" con la relación estable que mantenía con su prima Elsa. Descubrió así el talento de su prima para cuidarle y proporcionarle la paz y tranquilidad que necesitaba para desarrollar su trabajo, lo que le convenció de las ventajas que le reportaría contar con ella a tiempo completo. Einstein consiguió el divorcio –que había solicitado en 1916 y en cuyo proceso tuvo que confesar infidelidades y peleas– en febrero de 1919, y en junio contraía segundas nupcias con Elsa, un matrimonio que sería muy distinto del anterior. Si de Mileva estaba enamorado, junto a Elsa se sentía cómodo y, sobre todo, muy bien cuidado; lo que no le impidió marcar unos limites destinados a salvaguardar su independencia, disponiendo de un espacio propio al que ella no podía acceder o manteniendo habitaciones separadas. Elsa aceptó esta situación y el matrimonio resultó mucho más tranquilo, y en cierto sentido feliz, que el primero. Su unión duraría hasta la muerte de Elsa, en 1936.



Figura 58: Albert y Elsa con Ernest Lubitsch y otros.



Figura 59: Albert y Elsa con el Comité palestino-americano.



Figura 60: Albert y Elsa con el alcalde de Nueva York, James Walter.

22. El árbol genealógico de Albert

"Si quieres vivir una vida feliz átate a una meta, no a personas o a cosas"

(citado por Ernst Straus en Einstein: A centenary Volume)

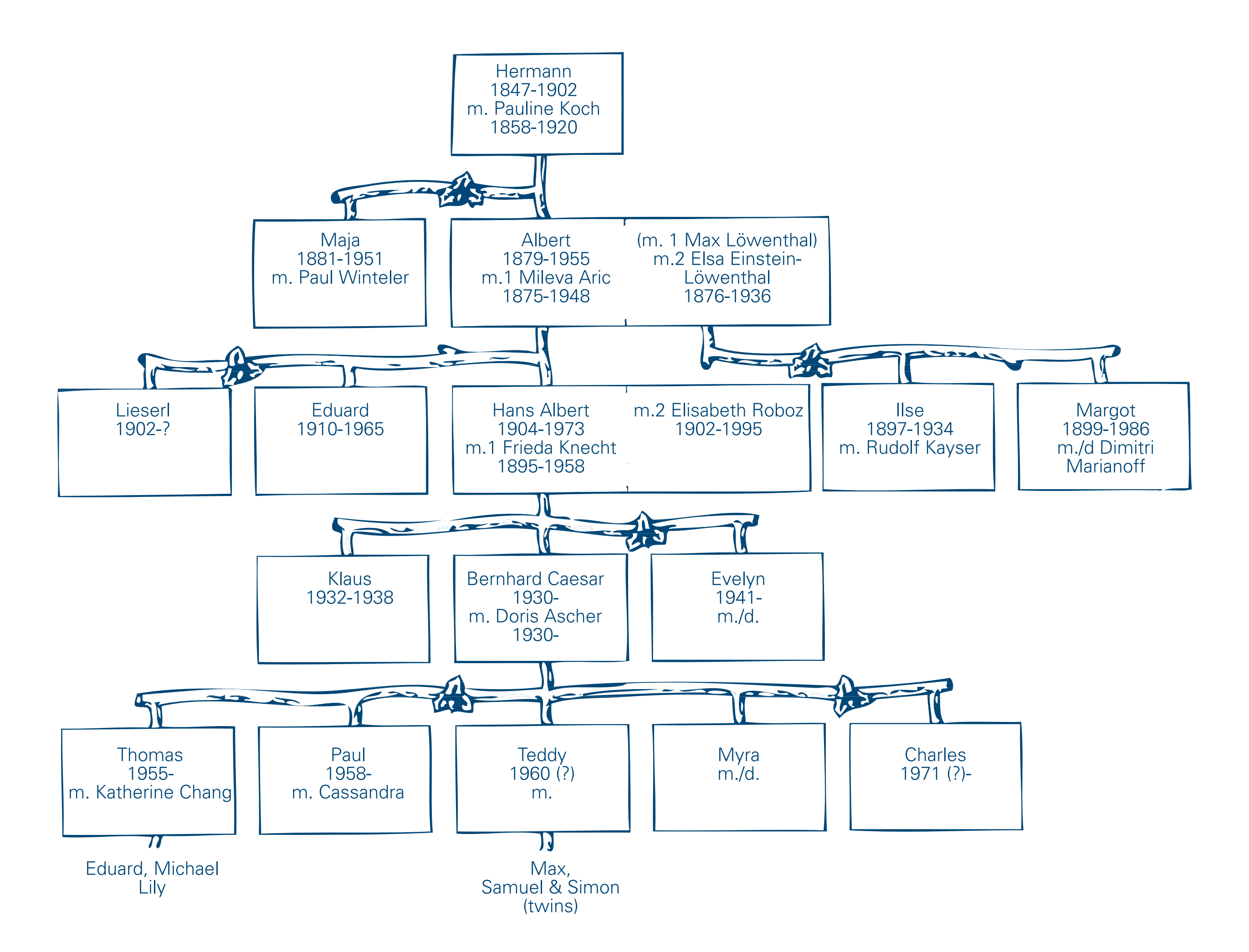
Cabe pensar que la peculiar visión que Einstein mantenía sobre las relaciones familiares se fraguase en su infancia, como consecuencia de los esfuerzos de su madre por convertirle en una persona fuerte e independiente. Lo cierto es que en su comportamiento afectivo parecen confluir dos sentimientos opuestos. Por un lado, la necesidad tan humana de recibir afecto y la importancia que, a pesar de negarlo públicamente en repetidas ocasiones, concedía a los vínculos familiares. Y por otro su miedo a que los lazos afectivos le privasen de su ansiada independencia y afectasen a su trabajo. Este querer y no poder, o más bien poder y no querer, se tradujo en unas a menudo amargas relaciones con sus seres más próximos y una sensación de insatisfacción y vacío de la que Einstein sólo fue plenamente consciente al final de su vida.

"Lo que más admiré de Michele (Besso) fue el hecho de que fue capaz de vivir tantos años con una mujer, no sólo en paz, sino en constante unidad. Algo en lo que yo, lamentablemente, he fallado en dos ocasiones"

(en la última carta que escribió a Vero y Bica,
hijo y hermana de Besso respectivamente,
justo después de la muerte de éste
y a pocas semanas de la suya propia, en 1955)



Figura 61: Einstein y su familia.



- **Hermann Einstein:** El padre de Albert, de quien éste destacaba su "buen humor, paciencia, bondad y encanto. Era muy cordial, amable y sabio", así como la influencia moral que ejerció sobre él. Si se hace caso a los testimonios de alguno de los amigos más íntimos de Einstein, éste estaba más unido afectivamente a su padre que a su madre. Electricista e inventor aficionado, en el otoño de 1902 enfermó gravemente. Albert, que vivía en Suiza, viajó a Milán para estar junto a él y en su lecho de muerte Hermann le concedió su permiso para que se casase con Mileva, pues hasta ese momento había hecho frente común con su esposa oponiéndose al enlace.

- **Pauline Einstein:** La madre de Einstein, de quien éste heredó su aspecto físico y muchos de los rasgos de su carácter. Al contrario que su marido, tenía una fuerte personalidad y amaba la disciplina, características que marcaron la infancia de Albert y que, según la mayoría de sus biógrafos, explicaban la "frialdad" de sus sentimientos hacia ella. Pauline albergaba grandes planes para su hijo, no reparó en medios para que se cumpliesen y siempre se mostró muy orgullosa de sus éxitos. Se opuso a la relación de Einstein con Mileva, por la que sentía una gran animadversión que no se mitigó ni cuando supo que estaba embarazada, o incluso después de la boda. Como explicó el propio Albert: "En general mi madre es una mujer de buen talante, pero una verdadera diable-

sa como suegra. Cuando está con nosotros todo es pura dinamita". A finales de 1919 el cáncer abdominal que padecía entró en fase terminal. Al saber que su fin se acercaba solicitó abandonar el hospital para pasar sus últimos días con su hijo y su nueva nuera. Murió en febrero de 1920.

- **Maja:** La hermana pequeña de Albert, a la que éste siempre se sintió muy unido y a la que invitó a vivir en Princeton, donde Maja se convirtió en la cuarta integrante del grupo de mujeres que cuidaban de Einstein, junto a Elsa, la hija de ésta –Margot– y su secretaria, Helen Dukas.

- **Mileva Maric:** La primera esposa de Einstein. De ascendencia serbia, sufría una cojera congénita en la pierna izquierda, lo que la convirtió en una niña solitaria que se refugió en el estudió de la ciencia, campo para el que pronto demostró grandes aptitudes. Tras obtener un permiso especial para estudiar en un *gymnasium* exclusivamente masculino marchó a Suiza a cursar estudios de secundaria, y en 1896 se matriculó en la ETH con el objetivo de convertirse en profesora de ciencias. Allí se encontró con que era la única fémina de su clase, en la que también estaba Einstein, con el que poco después iniciaría una relación. Mileva no llegó a licenciarse debido a que suspendió en el examen final en 1900, la convocatoria en la que Einstein obtuvo su titulo. Al año siguiente, aún soltera pero ya embarazada de tres meses, volvió a intentarlo con idénticos resultados. En 1903 y pese a la oposición de ambas familias se casó con Albert, con quien tuvo dos hijos más. La pareja se separó en 1914 y el divorcio se concretó en 1919.

- **Elsa:** Prima de Albert, se convertiría en su segunda esposa. Estaban emparentados por vía doble, ya que su padres eran primos y sus madres eran hermanas (con semejantes lazos de consanguinidad hicieron bien en no tener hijos). En 1912 comenzaron su relación sentimental y se casaron en junio de 1919, apenas cuatro meses después de que Albert se hubiese divorciado. Con este enlace Elsa le dio a Albert la tranquilidad y cuidados que requería, además de dos hijas, Ilse y Margot, fruto de un matrimonio anterior.

- **Lieserl:** Primera hija de Einstein y Mileva, nacida en enero de 1902 cuando sus padres aún no se habían casado. No se sabe con certeza si murió o si, más probablemente, fue adoptada por alguno de los familiares de Mileva, como era costumbre en casos semejantes. Al parecer Einstein no llegó a conocerla, ya que permaneció en Suiza mientras Mileva volvía a casa de sus padres para dar a luz. Cuando meses después se reunieron de nuevo la niña ya había "desaparecido". Su nacimiento fue un secreto incluso entre sus amigos más íntimos, y no se tuvo constancia de su existencia hasta la publicación en 1987 de las cartas de Albert a Mileva, en dos de las cuales se hace referencia a Lieserl. En una de ellas Einstein se declaraba entusiasmado con el nacimiento de la pequeña. En la otra se alude a un ataque de escarlatina y a ciertos papeles del registro, lo que potencia la hipótesis de que fue dada en adopción. El *Einstein Collected Papers Project* puso en marcha una investigación para dar con su paradero con nulos resultados. En los años treinta apareció en Alemania una mujer que se presentó como la hija perdida de Einstein, aunque finalmente se descubrió que era en realidad una actriz vienesa nacida en 1894.

- **Hans Albert:** El primero de los dos hijos reconocidos de Einstein y Mileva, nacido en 1904. A lo largo de su vida mantuvo una relación de amor-odio con Albert, marcada por la separación de su progenitores cuando él contaba diez años. En este periodo acumuló un gran resentimiento hacia su padre, del que sin embargo heredó



Figura 62: Hans Albert Jr.

desde su aspecto físico hasta numerosos rasgos de su personalidad. En 1922 se matriculó en la ETH para estudiar ingeniería, elección que disgustó a Einstein aunque luego se mostraría orgulloso de los logros de su hijo. En 1927 obtuvo el título de ingeniero civil y ese mismo año se casó con Frieda Knetch a pesar de la oposición de sus padres. En 1938 se trasladó con su familia a EEUU y su reencuentro con Einstein supuso el acercamiento definitivo entre ambos.

- **Eduard:** El hijo pequeño de Einstein y Mileva nació en junio de 1910. A diferencia de su hermano mayor, la relación que mantuvo con su padre fue, para lo bueno y para lo malo, más distante. Desde su infancia manifestó trastornos emocionales y en la universidad sufrió una grave crisis de la que nunca se recuperó. Así, en 1932 fue ingresado en una clínica psiquiátrica suiza para ser tratado de esquizofrenia y desde ese momento pasaría el resto de su vida en centros psiquiátricos o bajo la supervisión médica. Cuando se desató el problema Einstein se inhibió y dejó que fuesen Mileva y sus amigos los que tomasen las decisiones. No acudió a visitar a su hijo ingresado y tras su marcha a EEUU ya no volvería a verle. Sin embargo, se ocupó de él asumiendo los gastos de su tratamiento y se mantuvo informado de su estado a través de las amistades que conservaba en Suiza. En 1954 pidió que dejasen de informarle sobre la situación de su hijo, al parecer, debido a que él mismo ya se encontraba en un precario estado de salud.

- **Bernhard Caesar:** El primer hijo de Hans Albert y primer nieto de Einstein. La noticia del embarazo causó una gran angustia al futuro abuelo, que consideraba que la escasa estatura de la madre era un síntoma de enanismo que podían heredar sus hijos. Pero el niño nació perfectamente sano y se convirtió en el nieto favorito de Einstein. Bernhard Caesar siguió los pasos de su abuelo y se convirtió en físico y escritor. Suyo es el prefacio del libro *The fascinating life and theory of Albert Einstein.*

"Los jóvenes no prestan atención a las experiencias vitales de sus padres y las naciones ignoran la historia. Las malas lecciones siempre tienen que ser aprendidas de nuevo"

(1923)

Los padres de él

Al igual que los padres de Einstein –y a tenor de algunas fuentes también los de Mileva– se opusieron al matrimonio entre ambos, dos décadas después ellos hicieron lo mismo con su hijo Hans Albert y su prometida Frieda Knetch. Claro que en ambos casos los consejos paternos fueron desoídos. Los padres de Einstein, o más bien habría que decir Pauline y por añadidura Hermann, consideraban que Mileva era una mala influencia para su hijo. Les disgustaba su origen eslavo, pero también su formación académica ya que a su juicio Albert necesitaba una esposa y no una intelectual. Tampoco les agradaba que fuese mayor que su hijo, su cojera y, por supuesto, el que mantuviese relaciones íntimas con él. Irónicamente estos argumentos se parecían mucho a los que años después la pareja esgrimiría para justificar su oposición a la novia de Hans Albert: era mayor, intrigante y de familia poco saludable. Einstein creía que el "problema" de su hijo tenía que ver con una supuesta inhibición hacia el sexo opuesto, y al parecer llegó a sugerir una terapia consistente en llevarle a "visitar" a una guapa cuarentona conocida suya. La víspera de la boda aún haría un último y desesperado intento al recomendar a su primogénito que no se casase, aunque sólo fuese para ahorrarse el trago de una posible separación.

"Mis padres están muy preocupados por mi amor por ti…Ellos lloran por mí casi como si hubiera muerto. Una y otra vez se quejan de que he traído la desgracia sobre mí por mi devoción hacia ti"

(Carta a Mileva en 1900)



Figura 63: Einstein abuelo.

23. Dime con quien andas

"Nunca he pertenecido con gusto a ningún país o estado, a mi círculo de amistades y ni siquiera a mi propia familia. Una vaga indiferencia ha acompañado siempre esos vínculos y el deseo de encerrarme en mi mismo crece con los años"

(1930)

Vaya por delante que ser amigo de Einstein no debía resultar fácil. Primero porque él no ponía mucho empeño en cultivar las amistades debido a su confesa tendencia a encerrarse en sí mismo. Segundo, porque le gustaba hacer comentarios irónicos e incisivos con los que frecuentemente ofendía a quienes le rodeaban. Y tercero, porque debido a sus numerosos cambios de residencia muchas de estas relaciones sólo tuvieron continuidad por correo. Ello no impidió que Einstein asumiese con entusiasmo el significado de la expresión "para eso están los amigos", puesto que tenía una gran propensión a evadirse de los problemas, tanto más cuanto más graves fueran, y dejar que fueran sus allegados los que les pusieran solución. A pesar de todo, Einstein cosechó a lo largo de su vida un puñado de amigos, la mayoría de los cuales estuvieron a su lado en los momentos más difíciles y le fueron fieles hasta el fin de sus días (de los de Einstein o de los propios). Estos son algunos de ellos:

- **Michele Besso:** El mejor amigo de Einstein durante su etapa en Suiza y seguramente de toda su vida. Fue su particular "Pepito Grillo" en lo referente a su relación con Mileva y sus dos hijos, y no dudó en recriminarle algunas de sus conductas. También fue el principal interlocutor con el que Einstein discutió sus revolucionarias ideas durante su etapa en la oficina de patentes. Tras su marcha a Berlín mantuvieron un contacto regular por carta, a través de las cuales Albert le seguía informando de sus ideas y le confesaba su problemas maritales en busca de consuelo y consejo.

- **Marcel Grossmann:** Compañero de estudios de Einstein en la ETH, Grossmann era un estudiante modelo que acudía a todas las clases y tomaba unos excelentes apuntes que luego compartía con su amigo, quien llegó a reconocer: "No quiero especular que hubiera sido de mi sin esos apuntes". En 1901, cuando Einstein estaba desesperado buscando un puesto de trabajo, Grossmann pudo ayudarle de nuevo gracias a las influencias que su padre tenía en la oficina de patentes. Y en 1911, cuando Einstein regresó a Zurich ya como catedrático y con la idea de extender su Teoría de la Relatividad a la gravitación, recurrió de nuevo a su amigo. Grossmann ya ocupaba un puesto como profesor de matemáticas en la ETH y le ayudó con algunos aspectos de la compleja geometría no euclidiana, colaboración que se plasmó en un artículo conjunto publicado en 1913. (Véase Falsedad matemática).

- **Fritz Haber:** Haber comenzó a cartearse con Einstein por asuntos profesionales durante la etapa de Praga, y fue uno de los impulsores de su aterrizaje en Berlín, donde profundizó en su amistad con Albert y Mileva. Jugó un importante papel durante la separación de la pareja debido al cariño que profesaba a ambos y a que él mismo había pasado por una experiencia similar, un matrimonio desastroso que había acabado con el suicidio de su esposa. Primero intentó que se reconciliasen, y al ver que era imposible se encargó de gestionar los tramites del divorcio para alivio de su colega y amigo, quien prefería evitar estos farragosos asuntos. Con todo, Haber cometería una pequeña "traición" al hacer todo lo posible para conseguir el mejor acuerdo para Mileva.

- **Maurice Solovine y Konrad Habith:** Recién llegado a Berna, y mientras esperaba a que se concretase el "tema" de la oficina de patentes (Véase Una agitada vida profesional), Einstein puso un anuncio en el periódico en el que se ofrecía para dar clases de física y matemáticas. Maurice Solovine, un estudiante rumano de filosofía fue el primero en responder y ambos congeniaron de inmediato. Poco después se les uniría Konrad Habith, un estudiante alemán de física y matemáticas. Juntos debatían animadamente sobre cuestiones de ciencia y filosofía en cenas que se prolongaban hasta altas horas de la madrugada, y juntos fundaron la que de un modo burlón, y en alusión a las instituciones oficiales, dieron en denominar Academia Olimpia. Casi medio siglo después, en 1948, Einstein le escribió a Solovine que su academia era bastante menos infantil que muchas de las que había formado parte.

- **Max Planck:** Como miembro del comité editorial de *Annalen der Physik* fue quien "descubrió" a Einstein al percatarse de la genialidad de su trabajo, especialmente de la Teoría de la Relatividad Especial. No obstante, Einstein y Planck no se conocerían en persona hasta 1911 con ocasión del primer congreso Solvay donde se inició una relación que trascendió de lo puramente profesional, por fortuna para ambos pues en el ámbito de la física mantuvieron posiciones enfrentadas en muchos temas debido a que Planck era un físico de la vieja escuela reacio a aceptar ideas revolucionarias. Como máximo responsable de la ciencia alemana, Planck fue el encargado de convencer a Einstein para que se trasladase a Berlín. A cambio, por lealtad a su mentor, éste renunció a marcharse de Alemania hasta que la situación se hizo realmente insostenible.

- **Janos Plesch:** El médico que asistió a Pauline, la madre de Einstein, durante su enfermedad terminal. A raíz de ello se convirtió en médico personal y amigo íntimo de su hijo, en especial en su etapa berlinesa. Einstein solía acudir a la casa de campo de Plesch, donde guardaba su velero, especialmente cuando discutía con Elsa. Fue una de las últimas personas que visitó a Einstein cuando ya estaba ingresado en el hospital de Princeton.

- **Paul Ehrenfest:** Físico vienés a quien Einstein consideraba el mejor profesor de física que jamás había conocido. Su relación fue poco constante pero bastante íntima. Según una leyenda que sólo puede calificarse de exagerada, Ehrenfest se suicidó a causa del enorme disgusto que le provocaban las disputas entre Bohr y Einstein a cuenta de la cuántica (Véase Einstein y la cuántica), y de las que su amigo solía salir escaldado. La realidad es que Ehrenfest, un hombre tan acomplejado como infeliz, acabó con su vida después de que su esposa y fiel colaboradora Tatiana le abandonase.

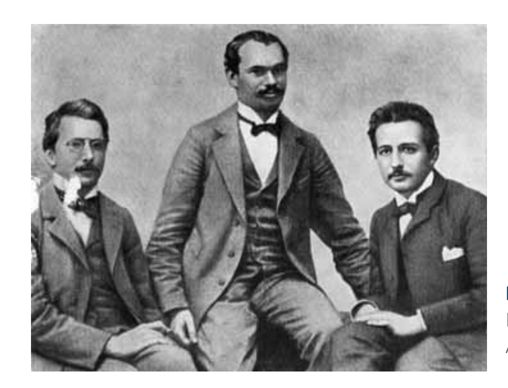


Figura 64:
Ilustración de Honrad Habicht, maurice Solovive y Albert Einstein.

24. Los otros

> *“Vivimos en el mundo cuando amamos. Sólo una vida vivida para los demás merece la pena ser vivida"*
>
> *(1932)*

Además de familiares y amigos, otras dos personas tuvieron un papel fundamental en la etapa final de la vida de Einstein.

- **Helen Dukas:** Se convirtió en la secretaria de Einstein en 1928 cuando éste sufrió un colapso coronario y recabó la ayuda de alguien que le ayudase a sobrellevar sus obligaciones. En 1933, cuando Albert y su esposa se mudaron a Princeton, Dukas se trasladó con ellos instalándose en el hogar familiar. Tras la muerte de Elsa su protagonismo adquirió una nueva dimensión al asumir la mayoría de sus tareas, en especial organizarlo todo para que su jefe pudiera llevar una vida tranquila, llegando al extremo de ocultarle cartas y malas noticias para no perturbarlo. En estos últimos años estaba tan presente en la vida de Einstein que más de una vez la confundieron con su esposa. También se ha insinuado que fueron amantes, aunque ella reconoció que normalmente Einstein no le demostraba más afecto que a un mueble, actitud que no le impidió que le fuera fiel incluso después de su muerte.

- **Otto Nathan:** Personaje de gran importancia en la etapa de Einstein en Princeton. A su llegada le ayudó a instalarse y de ese modo nació una relación basada, entre otros aspectos compartidos, en su radicalismo político. Era un distinguido economista y rápidamente pasó a ser un consejero indispensable, sobre todo en lo referente a sus asuntos económicos, de los que se ocupaba.

> “Las cosas más preciosas en la vida no son aquellas que uno puede conseguir con dinero”
>
> *(1946)*

24.1. El testamento

En 1950 Einstein redactó su testamento definitivo, del que nombró albacea a Otto Nathan. La mayor beneficiaria de la herencia fue Helen Dukas, quien recibió veinte mil dólares –cinco mil más que su hijo menor Eduard y el doble que su primogénito–, los libros y los efectos personales del físico; y lo más importante, los ingresos por los derechos de autor de todos sus escritos y trabajos literarios. En las disposiciones de su testamento Einstein también nombró a Dukas y Nathan como los guardianes de su nombre, concediéndoles el control de su herencia literaria. Todo este material, así como sus derechos, deberían pasar más adelante a la Universidad Hebrea de Jerusalén, pero hasta entonces ninguno de sus papeles personales podría ser publicado sin el consentimiento de ambos. Dukas y Nathan se tomaron muy en serio la misión y decidieron que la mejor forma de conservar la imagen pública de Einstein era evitar que nadie tuviese acceso a su faceta más humana a través de sus documentos personales. La decisión se demostraría contraproducente, pues sólo consiguieron despertar la curiosidad sobre los

pecados de Einstein, tan terribles como para que hubiese que ocultarlos a toda costa. Además, su actitud sembró la sospecha, que ya perdurará para siempre, de que pudieron llegar a destruir documentos que consideraban comprometedores.

Pero no todas las decisiones que tomaron fueron tan desafortunadas ya que entre 1955 y 1982 accedieron a la reedición de numerosas obras de Einstein en multitud de idiomas, lo que contribuyó a difundir sus ideas científicas y filosóficas. Durante ese periodo también completaron el archivo de Einstein, recopilando abundante documentación, en especial la correspondiente al periodo anterior a 1928, año en el Dukas empezó a trabajar para Einstein y comenzó a organizar de forma sistemática sus papeles. A resultas de su esfuerzo el archivo llegó a triplicar su volumen. Finalmente, en 1982, tanto los escritos como sus derechos fueron transferidos a la Universidad Hebrea de Jerusalén.

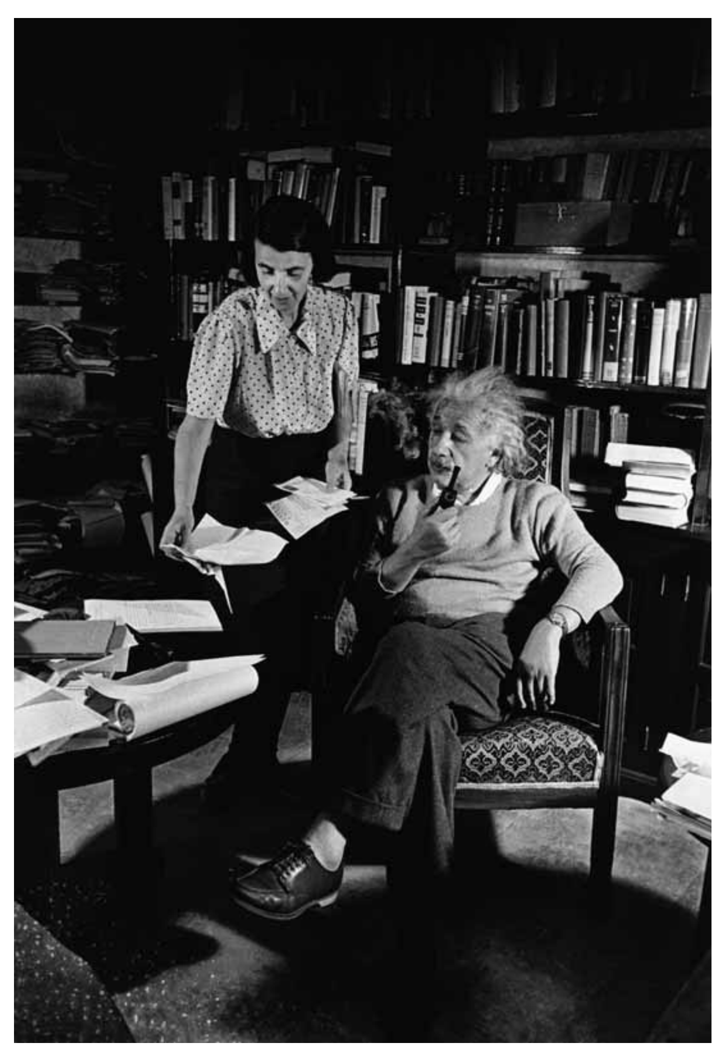


Figura 65: Albert Einstein con su asistente Helen Dukas en su estudio.

25. Cronología

“Nunca pienso en el futuro, ya llega demasiado pronto” (1946)

1879 Nace el 14 de marzo en Ulm, Alemania.

1880 La familia Einstein se traslada a Munich.

1881 Nace Maja, su hermana pequeña.

1884 Su padre le regala una brújula, instrumento que según sus recuerdos le provocó un gran impacto.

1885 En otoño de este año entra en la *Petersschule,* una escuela primaria católica en la que él es el único judío. Allí recibe una educación católica mientras que en su casa le instruyen en la religión judía, lo que despertará su vocación religiosa. Comienza a recibir clases de violín.

1888 Entra en el *Luitpold-Gymnasium,* en Munich, donde continuará sus estudios. Durante los siguientes años desarrollará su interés por la física, las matemáticas y la filosofía.

1891 Descubre las maravillas de la ciencia en unos libritos de divulgación científica, y en un libro de texto la geometría euclidiana. Estos dos acontecimientos le hacen ver con claridad a qué quiere dedicarse en el futuro.

1894 Su familia se traslada a Italia, mientras Einstein permanece en Munich para finalizar sus estudios.

1895 Abandona la escuela a mitad de curso para reunirse con su familia en Italia. Fracasa en su intento de entrar en la Escuela Politécnica Federal (ETH) de Zurich. Se desplaza a Aarau para completar sus estudios de secundaria.

1896 Renuncia a la ciudadanía alemana. Obtiene el diploma de la escuela cantonal de Aarau, lo que le permite entrar en la ETH de Zurich.

1900 Se licencia en la ETH pero no consigue el puesto de ayudante de uno de sus profesores al que aspiraba en la Escuela. A finales de año envía su primer artículo científico, que trata sobre la capilaridad, a la revista *Annalen der Physik.*

1901 Adquiere la nacionalidad suiza. Es declarado no apto para el servicio militar. Trabaja eventualmente como profesor. Se publica su primer artículo científico: *Conclusiones extraídas del fenómeno de la capilaridad.*

1902 Ingresa en la oficina de patentes de Berna como experto técnico de tercera clase. Su pareja, Mileva Maric da a luz a una hija, Lieserl que presumiblemente fue dada en adopción. En diciembre fallece su padre.

1903 Se casa con Mileva el 6 de enero.

1904 Nace su primer hijo, Hans Albert.

1905 El *Annus mirabilis** de Einstein. En pocos meses presenta su tesis doctoral en la Universidad de Zurich y escribe una serie de revolucionarios artículos que cubren distintas áreas de la física, desde la naturaleza relativa del espacio, el tiempo, la masa y la energía hasta la naturaleza cuántica de la luz o las dimensiones de átomos y moléculas.

1906 El 15 de enero obtiene el doctorado por la Universidad de Zurich. También en enero *Annalen der Physik* publica su tesis doctoral y un mes después su segundo artículo sobre el movimiento browniano. El 10 de marzo es ascendido a técnico experto de segunda clase en la oficina de patentes de Berna. En sentido estricto, el *annus mirabilis* einsteiniano comprende desde marzo de 1905 hasta marzo de 1906.

1907 Tiene la idea más feliz de su vida: la equivalencia entre el campo gravitatorio y la aceleración. Comienza su carrera académica, aunque mantiene el puesto en la oficina de patentes.

1909 Obtiene un puesto de profesor en la Universidad de Zurich, donde comienza a trabajar en octubre tras renunciar a su puesto en la oficina de patentes. Asiste, como ponente, a su primer congreso de física.

1910 Nace su segundo hijo, Eduard.

1911 Se traslada a Praga tras aceptar el puesto de profesor de la Universidad Alemana de Praga. Asiste al primer congreso Solvay en Bruselas.

1912 Vuelve a Zurich tras aceptar un puesto de profesor en la ETH. En una visita a Berlín comienza un romance con su prima Elsa.

1914 Retorna a Alemania como profesor de la Universidad de Berlín sin obligaciones docentes y con la promesa de ser el director del futuro Instituto de Física Kaiser Wilhelm, lo que lleva implícito recuperar la nacionalidad alemana. Se separa de Mileva.

1915 Completa su Teoría General de la Relatividad. Su firma acompaña a la de otros intelectuales europeos en un manifiesto contra la guerra.

1916 Sale publicada la Teoría General de la Relatividad. Escribe otros diez artículos, uno de ellos sobre la emisión estimulada de la luz. Sucede a Max Planck como presidente de la Sociedad Alemana de Física.

1917 Se convierte en el primer director del Instituto de Física Kaiser Wilhelm. Introduce la constante cosmológica. Escribe un artículo sobre la paradoja de los gemelos. Sufre serios problemas de salud que le obligan a permanecer en cama varios meses.

1919 Se divorcia de Mileva y unos meses después se casa con su prima Elsa. Una expedición británica liderada por Sir Arthur Eddington confirma durante un eclipse de Sol su predicción sobre la deflexión de la luz, lo que le convierte en una figura pública.

1920 Sufre los primeros ataques antisemitas con la fundación de la Liga Anti-Einstein.

1921 Viaja a EEUU por vez primera.

1922 Se le concede el premio Nobel de Física de 1921, aunque no acude a la ceremonia de entrega porque se encuentra de viaje por Asia. Escribe el primer trabajo sobre la teoría de campo unificado, una teoría ampliada de la relatividad que además de la fuerza gravitatoria debería explicar los fenómenos electromagnéticos como la luz.

1923 En marzo viaja a España. Pronuncia conferencias en Barcelona, Madrid y Zaragoza, y se entrevista con diferentes personalidades.

1924 Predice la existencia de un nuevo estado de la materia denominado condensado de Bose-Einstein,su última gran contribución a la física cuántica.

1927 Muestra su oposición a la mecánica cuántica. Comienzan sus debates con Bohr en el marco del quinto congreso Solvay.

1933 Abandona Alemania tras el ascenso al poder de los nazis, y renuncia por segunda vez a su nacionalidad germana. Se traslada a Princeton, donde comienza a trabajar en el Instituto de Estudios Avanzados.

1935 Junto a Podolsky y Rosen publica un artículo con la famosa paradoja EPR, su último y definitivo ataque contra la mecánica cuántica.

1936 Fallece Elsa, su segunda esposa.

1939 Firma la carta dirigida al presidente Roosevelt en la que le advierte de los peligros de la bomba atómica.

1940 Adquiere la nacionalidad estadounidense, pero conserva la suiza.

1945 Se jubila oficialmente, aunque seguirá acudiendo al Instituto de Estudios Avanzados hasta su muerte.

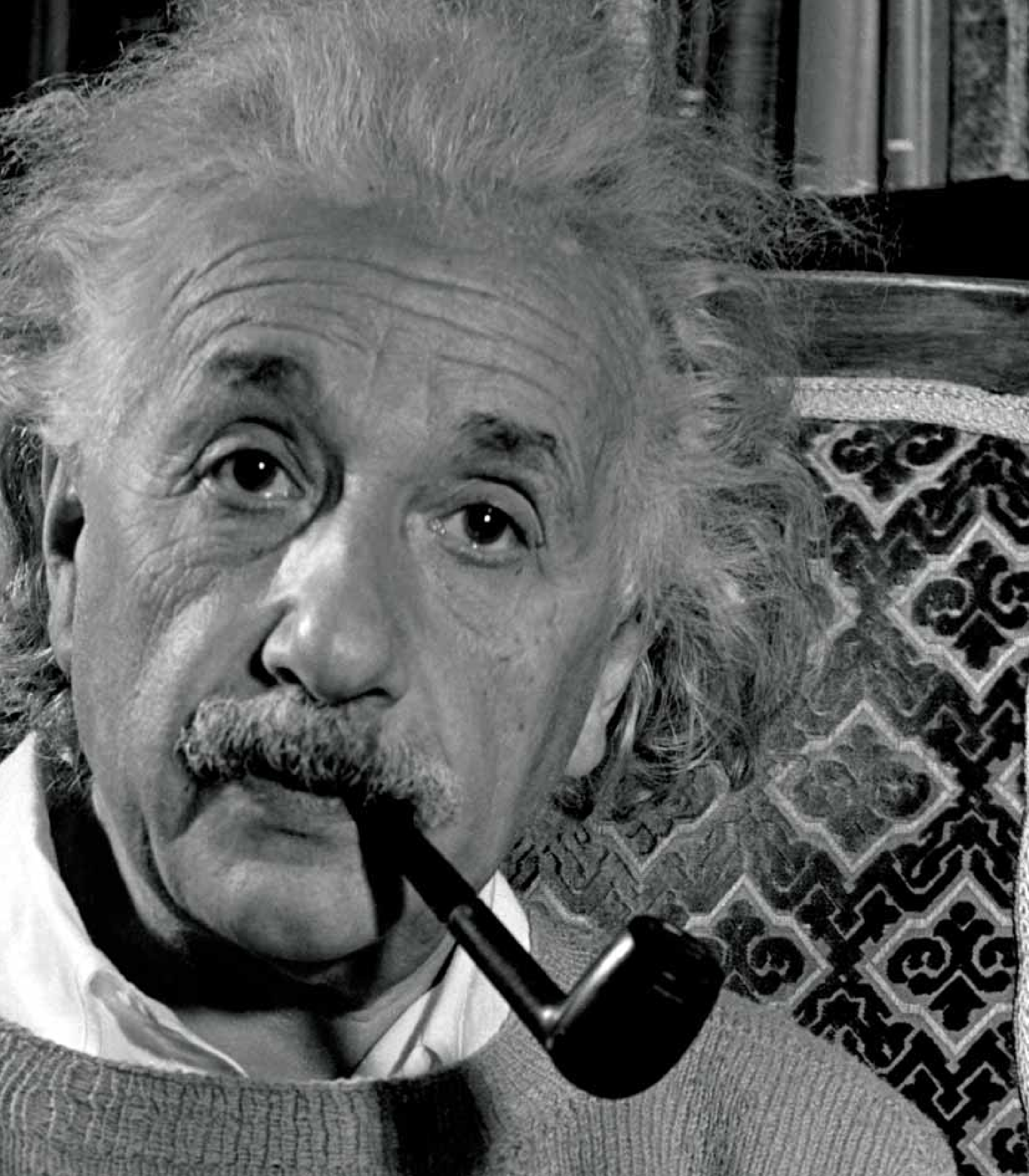
1946 Se manifiesta en contra de las armas nucleares y aboga por la formación de un gobierno mundial.

1952 Rechaza suceder a Chaim Weizmann como segundo presidente de Israel.

1955 El 11 de abril firma el Manifiesto Russell-Einstein. Una semana después, el 18 de abril, muere en el hospital de Princeton.

Los detalles de un annus mirabilis

Marzo	El día 17, poco después de su vigésimo sexto cumpleaños, envía a los *Annalen der Physik* el artículo titulado *Desde un punto de vista heurístico concerniente a la producción y transformación de la luz.* En él propone que la luz está formada por cuantos de energía, hipótesis a partir de la cual explica el efecto fotoeléctrico.
Abril	A finales de este mes completa su segundo trabajo, *Una nueva determinación de las dimensiones moleculares,* en el que muestra cómo calcular el número de Avogadro y el tamaño de las moléculas estudiando su movimiento en una disolución.
Mayo	El día 11 remite a los *Annalen der Physik* otro artículo titulado *Sobre el movimiento de partículas pequeñas suspendidas en líquidos estacionarios requerido por la teoría cinético-molecular del calor,* en el que explica el movimiento browniano.
Junio	Sale publicado el artículo sobre el efecto fotoeléctrico. El día 30 envía un tercer artículo titulado *Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento,* en el que expone la Teoría de la Relatividad Especial.
Julio	El día 18 sale publicado el artículo sobre el movimiento browniano. Este mismo mes la Universidad de Zurich acepta su artículo sobre el número de Avogadro como tesis doctoral.
Septiembre	El día 26 se publica el trabajo de la relatividad. Un día después remite a la revista un pequeño artículo de tres páginas titulado *¿Depende la inercia de un cuerpo de su contenido en energía?,* y que a modo de corolario del anterior establece la relación entre masa y energía plasmada en su celebérrima ecuación $E = mc^2$.
Noviembre	El día 21 sale el número de *Annalen der Physik* con el artículo de $E = mc^2$.
Diciembre	El día 19 envía a la revista un nuevo artículo en el que amplía su teoría sobre el movimiento browniano. Saldrá publicado al año siguiente.



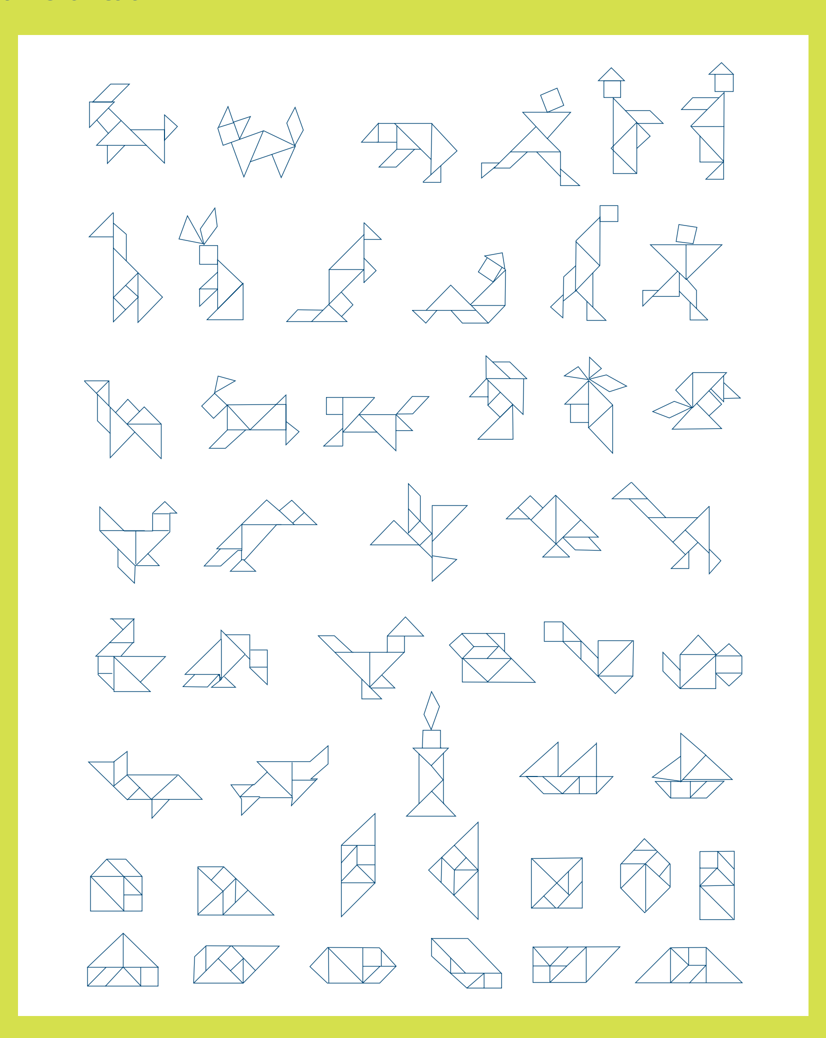
V. SOLUCIONES A LOS JUEGOS

"No soy aficionado a los pasatiempos…no hay tiempo para ellos. Cuando acabo con un trabajo no quiero hacer nada que requiera un esfuerzo mental"

(The New York Times, 28 de marzo de 1936)

A continuación te presentamos las soluciones a los juegos propuestos en esta guía de actividades. El primer número indica el capítulo y el segundo el juego dentro de éste.

1.1 Combínalas a voluntad



2.1. Científicos atemporales

La respuesta correcta es:

a) Isaac Asimov ; b) Charles Darwin ; c) Carl Sagan

2.2. Testcentricidades

La respuesta correcta es:

1 - b; 2 - a; 3 - b; 4 - c; 5 - a

2.3. El hombre del Tiempo (Time)

Los personajes del año son:

- **Mahatma Gandhi** - Hombre del año, 1931
- **Joseph Stalin** - Hombre del año, 1940
- **Reina Isabel II** - Mujer del año, 1953
- **Martin Luther King Jr.** - Hombre del año, 1964
- **Teng Hsiao-p'ing** - Hombre del año 1979
- **George W. Bush** - Hombre del año 2004

3.1. Un poco de cultura general

Como ya habrás descubierto, cada una de estas preguntas tiene muchas respuestas posibles, es decir, son preguntas divergentes. Aquí sólo hemos recogido la respuesta más obvia, la que típicamente esperaría un profesor. Hay muchas más –a veces muchísimas más– dependiendo del criterio que escojas para dar tu respuesta. ¿Puedes encontrar al menos una respuesta alternativa para cada pregunta?

- **1 - Dogos.** El único que no es uno de *Los tres mosqueteros* de Alejandro Dumas, aunque sí era uno de los tres "mosqueperros" (los otros dos eran Amis y Pontos)

- **2 - La gran muralla china.** La única que no figura en la lista de las siete maravillas del mundo antiguo, entre otras cosas porque éstas fueron designadas por los historiadores de la Roma clásica mucho antes de la construcción de la muralla.

- **3 - Spirulina.** Los otros tres son minerales y ésta es una variedad de alga.
- **4 - Vargas Llosa.** El único de los cuatro escritores que, de momento, no ha sido galardonado con el premio Nobel de Literatura a pesar de ser un perenne candidato. En este sentido le pasa un poco como a Einstein (Véase Un Nobel con historia).
- **5 - Moldavia.** Todas ellas son ex-repúblicas soviéticas, pero Moldavia es la única que carece de una salida al mar.
- **6 - Río de Janeiro.** Es la única que no es capital de un país sudamericano.
- **7 - Trilobite.** Es una especie (de molusco) extinta. Los otros tres todavía están en activo, aunque durante mucho tiempo al celacanto se le dio también por desaparecido.
- **8 -** **La bandera de Chile,** y por tanto, la única que no representa a un estado europeo. Las otras tres corresponden a Bélgica, República Checa y Suecia.
- **9 - Coles:** Las otras tres son legumbres.
- **10 - Selenio.** Es el único de los cuatro elementos que no es un metal de transición.
- **11 - Una pregunta que admite dos repuestas.** Una opción es descartar Las Ardenas atendiendo a criterios históricos, pues fue la única de las cuatro batallas en la que no se enfrentaron británicos y franceses. La otra, basada en un criterio "geográfico", consiste en señalar a Trafalgar, por ser la única batalla de las cuatro librada en el mar.
- **12 - Caronte:** es la única de las cuatro lunas que no orbita a Júpiter, sino a Plutón.
- **13 - Cobalamina:** es una vitamina (en concreto la también conocida como B12), infiltrada en un grupo de aminoácidos.
- **14 - Ácido aspártico:** que ahora es un aminoácido dentro de un grupo de ácidos grasos.
- **15 - Federico:** No hay constancia de ningún rey godo con ese nombre.
- **16 - Aconcagua:** Pese a ser el pico más alto de América, es la única de las cuatro montañas que no es un "ochomil" (solo hay catorce). Y por estar en América es evidente que también es la única montaña no integrada en la extensa cordillera del Himalaya.
- **17 - La inacabada:** Fue compuesta por Schubert, el resto son sinfonías de Beethoven. Aunque también existe una respuesta alternativa –eso sí, dictada más por el sentido común que por la cultura– que sería señalar a la Novena como la "extraña" por ser la única del cuarteto que no recibe un nombre no numérico.

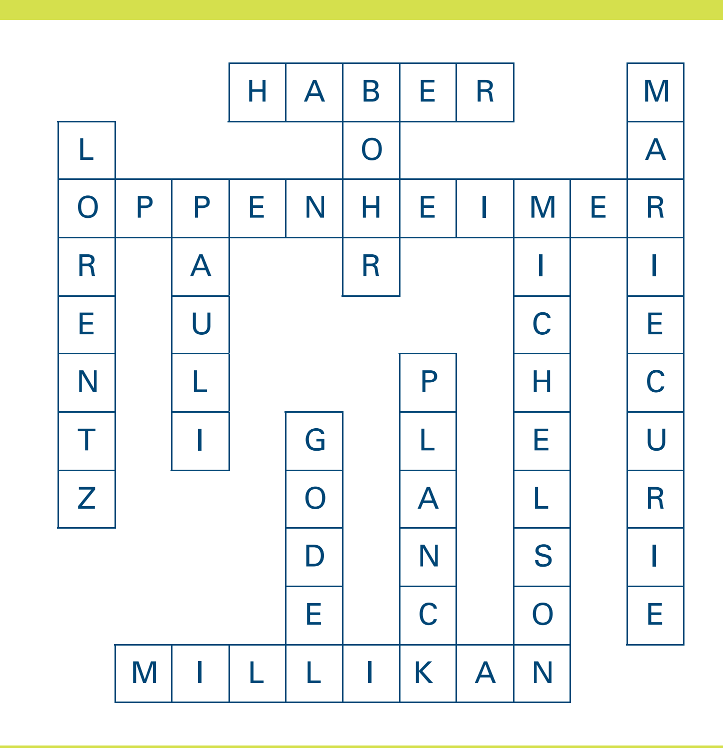
- **18 - Hiena:** Se clasifica dentro de la familia *Hyeanidae,* mientras que sus tres compañeros pertenecen a la familia *Canidae.* O en términos más coloquiales, no es un carnívoro perruno.
- **19 - Madrid:** La única que todavía espera acoger unos Juegos Olímpicos
- **20 - 361:** El único de los cuatro que no es a la vez cuadrado y cubo perfecto. 1 es cuadrado y cubo de 1.64 es el cuadrado de 8 y el cubo de 4. Y 729 es el cuadrado de 27 y el cubo de 9.

5.1. El reconocimiento es mutuo

La respuesta correcta es:

1 - Bohr; 2 - Madame Curie; 3 - Ehrenfest; 4 - Faraday; 5 - Galileo; 6 - Lorentz; 7 - Mach; 8 - Michelson; 9 - Newton; 10 - Planck; 11 - Russell; 12 - Maxwell

5.2. Fotosgrama



6.1. Una competencia “feroz”

La respuesta correcta es:

1910 - d; **1911** - f; **1912** - j; **1913** - c; **1914** - i; **1915** - g; **1917** - b; **1918** - a; **1919** - h; **1920** - e.

8.1. “Chipspazos” de información

Lámpara, secador, pila y altavoz.

8.2. Las leyes de Feynman

Las reglas son las siguientes:

Los dos jugadores han de ir rellenando alternativamente los cuadros del tablero. Cada jugador puede ocupar en una jugada uno, dos o tres cuadros con la condición de que si cubre varios han de pertenecer a la misma fila o columna. Gana el que cubre la última o últimas casillas libres. El juego en cuestión es el *Nimcross* y fue inventado como una combinación de dos juegos clásicos, el *Tres en raya* y el *Nim.*

Y como curiosidad –y también como reto si te apetece– has de saber que de momento no se conoce una estrategia que garantice ganar siempre. Lo cual no quiere decir que no exista, y este es precisamente el reto.

8.3. El ajedrez de Smullyan

El rey punteado está en jaque por lo que el último movimiento lo efectuó el bando rayado. Para saber quién hizo el primer movimiento basta con determinar si se ha realizado un número par o impar de jugadas. Una de las torres ha efectuado un número impar de movimientos, las otras 3 torres o no se han movido o han efectuado un número par de jugadas. Los caballos rayados han efectuado un número par de jugadas, ya que están en cuadros de distinto color. Los caballos punteados han efectuado un número impar de jugadas al estar en cuadros del mismo color. Uno de los reyes se ha movido un número par de veces (o no se ha movido) y el otro se ha movido un número impar de veces. El resto de fichas no se han movido. El número total de movimientos es impar, de modo que el primero en mover fue el jugador rayado.

8.4. ¿Con casi toda probabilidad?

1. Si la intuición te dice que la probabilidad es baja, has de saber que la intuición no es infalible. La probabilidad de que en un grupo de n personas cada una celebre su cumpleaños un día diferente es:

   $p = 365/35 \times 364/365 \times 363/365 \times \ldots\ldots \times (365 - n + 1)/365 = 365/ [365^n (365 - n)!]$

   Por lo que la probabilidad de que al menos dos personas cumplan años el mismo día será $1- p$.

   Para $n = 23$, $1- p = 0,507$. Es decir, la probabilidad es del 50,7% lo que quiere decir que la probabilidad de que haya coincidencia de cumpleaños es algo mayor que la probabilidad de que no la haya. En grupos de 30 o más personas la probabilidad de coincidencia se dispara.

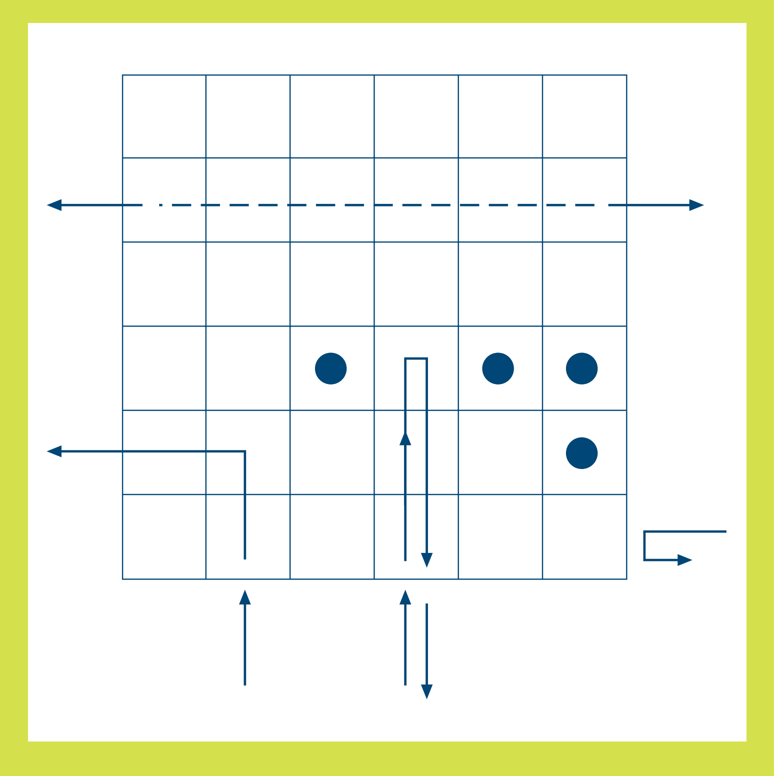
2. La clave de este juego está en que el presentador siempre abre una puerta tras la cual hay una cabra y que su elección está condicionada por la previa del concursante.

   La probabilidad de que el concursante escoja en su primera oportunidad la puerta que oculta el coche es de 1/3, por lo que la probabilidad de que el coche se encuentre en una de las puertas que no ha escogido es de 2/3.

   Si el jugador escoge en su primera opción la puerta que contiene el coche, entonces el presentador puede abrir cualquiera de las dos puertas. Además, el jugador pierde el coche si cambia cuando se le ofrece la oportunidad. Pero, si el jugador escoge una puerta que oculta una cabra en su primera opción, el presentador sólo tiene la opción de abrir una puerta, y esta es la única puerta restante que contiene una cabra. En ese caso, la puerta restante tiene que contener el coche, por lo que si el concursante cambia su elección gana.

   Así, si el concursante mantiene su elección original gana si escogió originalmente el coche (con probabilidad de 1/3), mientras que si cambia, gana si escogió originalmente una de las dos cabras (con probabilidad de 2/3). Por lo tanto, el concursante debe cambiar siempre su elección.

8.5. ¡Menuda incertidumbre!



También puedes jugar "en línea" en estas direcciones:

http://www.clickmazes.com/bbox/ixbbox.htm

http://www.ericsolomon.co.uk/bb/hexbb.html

Aunque siempre resulta más divertido jugar contra un amigo.

8.6. Criptografía cuántico-gliálica

Mensaje 1: Está claramente inspirado en el macabro mensaje encontrado en el museo del Louvre y que desata la acción de *El código da Vinci*. Así que si has leído el libro ya tienes mucho ganado. Como en aquel caso, la clave para descifrar el mensaje es darse cuenta que los números que componen la secuencia superior, están desordenados, en concreto son las cifras correspondientes al valor exacto de la velocidad de la luz en el vacío: 299.792,458 km/s. O dicho de otro modo, se trata de un anagrama del valor de la velocidad de la luz en el vacío. Y al igual que sucedía en el libro, ésta es una pista para darse cuenta de que las dos expresiones que, entre exclamaciones, aparecen debajo son a su vez dos anagramas. Jugando con las letras y teniendo en cuenta todo lo que ya sabes sobre la luz, los intentos por determinar su velocidad y su papel en la Teoría de la Relatividad Especial se llega a las mucho más coherentes expresiones: ¡Michelson! ¡Lo lamenta!

Que despliegan todo su sentido cuando se descubre que precisamente en su primera estancia en Pasadena, en 1930, Einstein conoció por fin a Michelson, quien no se privó de decirle lo mucho que lamentaba que sus experimentos hubiesen ayudado a engendrar ese "monstruo" que era la relatividad. Esa fue la única vez en que coincidieron, y menos mal, porque el tenso encuentro tuvo que resultar eter-no.

Mensaje 2: La clave para descifrar el mensaje pasa por "resolver" la más famosa ecuación de Einstein:

$E = mc^2$. Si tomamos el alfabeto como "marco de referencia", entonces:

$m = E + 8$ y $c = E - 2 \Rightarrow E = (E + 8)(E - 2)^2$. Al operar y reordenar los términos se alcanza la siguiente ecuación de tercer grado: $E^3 + 4E^2 - 29E + 32 = 0$. Al resolverla se obtienen los siguientes valores para E (nos limitamos a las 5 primeras cifras significativas, dado que el mensaje encriptado está formado por 15 letras): $E_1 = 2{,}4870$; $E_2 = 1{,}5925$; $E_3 = -8{,}0795$.

Con estos valores en la mano, lo único que hay que hacer es invertir el proceso de codificación empleado.

Proceso de cifrado (para el descifrado basta con invertir los pasos):

1. Sustituir cada una de las letras del mensaje original por su valor numérico según el alfabeto.
2. Sumar o restar (en función del signo) las soluciones obtenidas de la ecuación a dichos valores numéricos.
3. Reemplazar el valor numérico obtenido por la letra correspondiente según el alfabeto.

l	a	i	d	e	a	d	i	v	e	r	t	i	d	a
1	1	9	4	5	1	4	9	2	5	1	2	9	4	1
2	4	8	7	0	1	5	9	2	5	-	-	-	-	-
1	5	1	1	5	2	9	1	2	1	1	2	2	2	2
N	E	P	K	E	B	I	Q	W	J	K	T	B	U	V

El mensaje original es "la idea divertida", que hace referencia a la relación entre masa y energía y lo que ésta le parecía a Einstein, tal y como confesó a un amigo en una de sus cartas mientras trabajaba en la formulación del artículo: "el principio de la relatividad en conexión con las ecuaciones de Maxwell exige que la masa sea una medida directa de la energía contenida en los cuerpos; la luz transfiere masa... Esta idea es divertida pero posiblemente no puedo saber si Dios no se ríe con ella y está tratando de embaucarme".

9.1. Ese nombre me suena

1 1A	2 2A	3 3B	4 4B	5 5B	6 6B	7 7B	8	9 8B	10	11 1B	12 2B	13 3A	14 4A	15 5A	16 6A	17 7A	18 8A
1 H 1.00794																	2 He 4.00260
3 Li 6.941	4 Be 9.01218											5 B 10.81	6 C 12.011	7 N 14.0067	8 O 15.9994	9 F 18.998403	10 Ne 20.1797
11 Na 22.98977	12 Mg 24.305											13 Al 26.98154	14 Si 28.0855	15 P 30.97376	16 S 32.066	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948
19 K 39.0983	20 Ca 40.078	21 Sc 44.9559	22 Ti 47.88	23 V 50.9415	24 Cr 51.996	25 Mn 54.9380	26 Fe 55.847	27 Co 58.9332	28 Ni 58.69	29 Cu 63.546	30 Zn 65.39	31 Ga 69.72	32 Ge 72.61	33 As 74.9216	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.80
37 Rb 85.4678	38 Sr 87.62	39 Y 88.9059	40 Zr 91.224	41 Nb 92.9064	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.9055	46 Pd 106.42	47 Ag 107.8682	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.710	51 Sb 121.757	52 Te 127.60	53 I 126.9045	54 Xe 131.29
55 Cs 132.9054	56 Ba 137.33	57 *La 138.9055	72 Hf 178.49	73 Ta 180.9479	74 W 183.85	75 Re 186.207	76 Os 190.2	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.9665	80 Hg 200.59	81 Tl 204.383	82 Pb 207.2	83 Bi 208.9804	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra 226.0254	89 †Ac 227.0278	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (266)	107 Bh (264)	108 Hs (269)	109 Mt (268)	110 (271)	111 (272)	112 (277)		114 (289)		116 (289)		118 (293)
				58 Ce 140.12	59 Pr 140.9077	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.9254	66 Dy 162.50	67 Ho 164.9304	68 Er 167.26	69 Tm 168.9342	70 Yb 173.04	71 Lu 174.967
				90 Th 232.0381	91 Pa 231.0359	92 U 238.0289	93 Np 237.048	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (262)

(Continua en la página siguiente)

Np: Neptunio. Recibe su nombre del planeta Neptuno, por paralelismo planetario al estar situado en la tabla periódica inmediatamente detrás del Uranio.

Pu: Plutonio. Tras bautizar a los elementos que le preceden como Uranio y Neptunio, éste parecía condenado a llevar el nombre de Plutón.

Am: Americio. Toma su nombre de América, entendida no como la totalidad del continente sino desde el singular punto de vista estadounidense, que tiende a identificar América con los EEUU, que era precisamente donde se estaban descubriendo los primeros elementos transuránidos. De todas formas, la elección del nombre se entiende mejor a la vista de lo que viene a continuación.

Cu: Curio. Homenajea a los Curie, Pierre y Marie, descubridores de la radiactividad.

Bk: Berkelio. Recibe su nombre de la ciudad de Berkeley, sede de la Universidad de California, pionera en la identificación de elementos transuránidos y que en los primeros tiempos de este campo de investigación capitalizó la práctica totalidad de los descubrimientos.

Cf: Californio. Esta vez el nombre alude a la Universidad de California.

Es: Einsteinio. En honor de Albert Einstein (para más detalles sobre el elemento, Véase ¿El padre de la era nuclear?).

Fm: Fermio. Homenaje al físico italiano Enrico Fermi, pionero, junto con Emilio Segré en el intento de obtención de elementos transuránidos mediante el bombardeo de átomos de uranio con neutrones.

Md: Mendeleievo. Por Dimitri Mendeleiev, el padre de la tabla periódica.

No: Nobelio. Por Alfred Nobel.

Lr: Lawrencio. Debe su nombre a Ernest O. Lawrence, inventor del ciclotrón, una herramienta indispensable a la hora de crear nuevos elementos transuránicos.

Rh: Rutherfordio. Bautizado así por el físico y químico Ernest Rutherford.

Db: Dubnio. Toma su nombre de la localidad rusa de Dubna, donde se encuentra el Laboratorio de Reacciones Nucleares de Dubna, otro de los centros implicados en el descubrimiento de elementos transuránidos, entre ellos éste.

Sg: Seaborgio. En honor de Glenn T. Seaborg, quien desde la Universidad de California se convirtió en el mayor cazador de elementos transuránidos e introdujo el concepto de serie actínida.

Bh: Bohrio. Niels Bohr también se lo merecía.

Hs: Hassio. El nombre procede del término latino *Hassias* con el que los romanos bautizaron a la región alemana de Hess, en la que se localiza la ciudad de Darmstadt, sede del *Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI)*, otro de los centros donde se han descubierto gran parte de los últimos elementos transuránidos.

Mt: Meitnerio. En honor de la física Lise Meitner, una de las codescubridoras de la fisión nuclear.

Ds: Darmstadtio. Por la ciudad alemana de Darmstadt.

Rg: Roentgenio. Homenajea al físico Wilhelm Roentgen, descubridor de los rayos X.

11.1. El barbero de Bertrand Russell

Si el barbero se afeita él mismo, entonces forma parte de las personas que se afeitan a sí mismas, por lo que no podría afeitarse a sí mismo. Si no se afeita a sí mismo, entonces formaría parte de las personas que no se afeitan a sí mismas, por lo que debería afeitarse él mismo. Por tanto, la única solución posible es que en este pueblo no hay barbero.

Esta paradoja surgió de las investigaciones de Russell sobre los conjuntos, durante las que descubrió que no puede existir un conjunto que se contenga a sí mismo.

11.2. la paradoja de Sancho Panza y el principio de Goodman

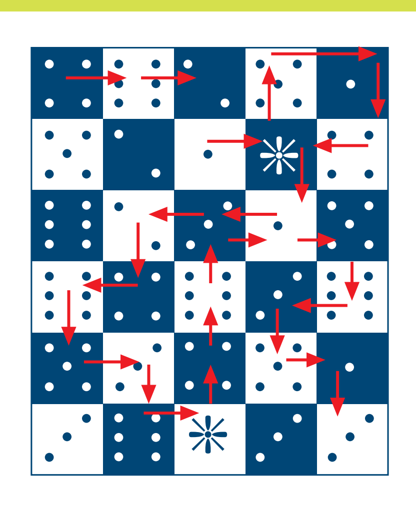
El propio Cervantes nos proporciona la solución de la paradoja de Sancho:

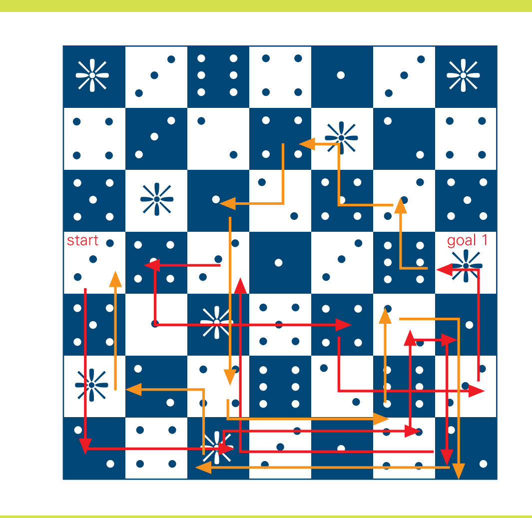
“Sucedió, pues, que tomando juramento a un hombre juró y dijo que para el juramento que hacía, que iba a morir en aquella horca que allí estaba, y no a otra cosa. Repararon los jueces en el juramento y dijeron: ‘Si a este hombre le dejamos pasar libremente, mintió en su juramento, y conforme a la ley debe morir; y si le ahorcamos, él juró que iba a morir en aquella horca, y, habiendo jurado verdad, por la misma ley debe ser libre’. Pídese a vuesa merced, señor gobernador, qué harán los jueces de tal hombre, que aún hasta agora están dudosos y suspensos, y, habiendo tenido noticias del agudo y elevado entendimiento de vuestra merced, me enviaron a mí a que suplicase a vuestra merced de su parte diese su parecer en tan intricado y dudoso caso".

En resumen, el hombre jura que va a morir en la horca. Si muere en ella, juró verdad y por la ley puesta merece ser libre y que pase el puente; y si no le ahorcan, juró mentira y por la misma ley merece que le ahorquen. Al final, Sancho dictamina "que le dejen pasar libremente, pues siempre es alabado más el hacer bien que mal".

Respecto al problema de Goodman, la pregunta clave sería: “¿Es Vd. del tipo de gente que diría que el camino de la izquierda lleva a Pleasantville? Si contesta que sí, el individuo o es de los que dicen siempre la verdad, con lo que el camino de la izquierda lleva a Pleasantville; o es de los que mienten siempre, con lo que no es de los que diría que el camino e la izquierda lleva a Pleasantville y si no lo es, es porque esta afirmación es cierta. La contestación negativa conduce a un razonamiento análogo. Este problema fue formulado por el filósofo Nelson Goodman como modo de ilustrar el principio que lleva su nombre.

12.1. Juega con los dados





14.1. Tras la huella de Einstein

Sin que sirva de precedente, te ofrecemos una solución para esta actividad. Pero no esperes encontrar una respuesta exacta, porque es tal la infinidad de aparatos y procesos de inspiración einsteiniana que resultaría absurdo intentar enumerarlos todos. Así que tendrás que conformarte con una respuesta orientativa y, esperamos que también ilustrativa.

El efecto fotoeléctrico está detrás de casi todos los dispositivos electrónicos que controlan o responden a la iluminación, como los sistemas de alumbrado público que se activan gracias a un sensor que detecta el nivel de luminosidad; las células fotoeléctricas que impiden que nos atrape la puerta del ascensor; las fotocopiadoras, o para ser más exactos los sistemas que regulan la intensidad del *toner;* las televisiones y muchos escáneres que funcionan gracias a la presencia de fotomultiplicadores, dispositivos que, como su nombre indica, multiplican el número de electrones generados por el efecto fotoeléctrico. Éste también está presente en las cámaras fotográficas, no sólo en la formación de una imagen digital, sino también en el cálculo automático de la exposición adecuada a través de la medida de la luz ambiental. Con todo, su aplicación más conocida seguramente sean las células fotovoltaicas, capaces de convertir en energía eléctrica la luz que incide sobre ellas.

El láser (recuerda, una aplicación de la emisión estimulada de luz predicha por Einstein) se utiliza en impresoras, lectores de CD y DVD, lectores de códigos de barras y, por supuesto, punteros. En medicina, se usa para la fotodepilación e incluso como un bisturí lumínico para operar, por ejemplo, la miopía.

15.1. Gazapos einsteinianos

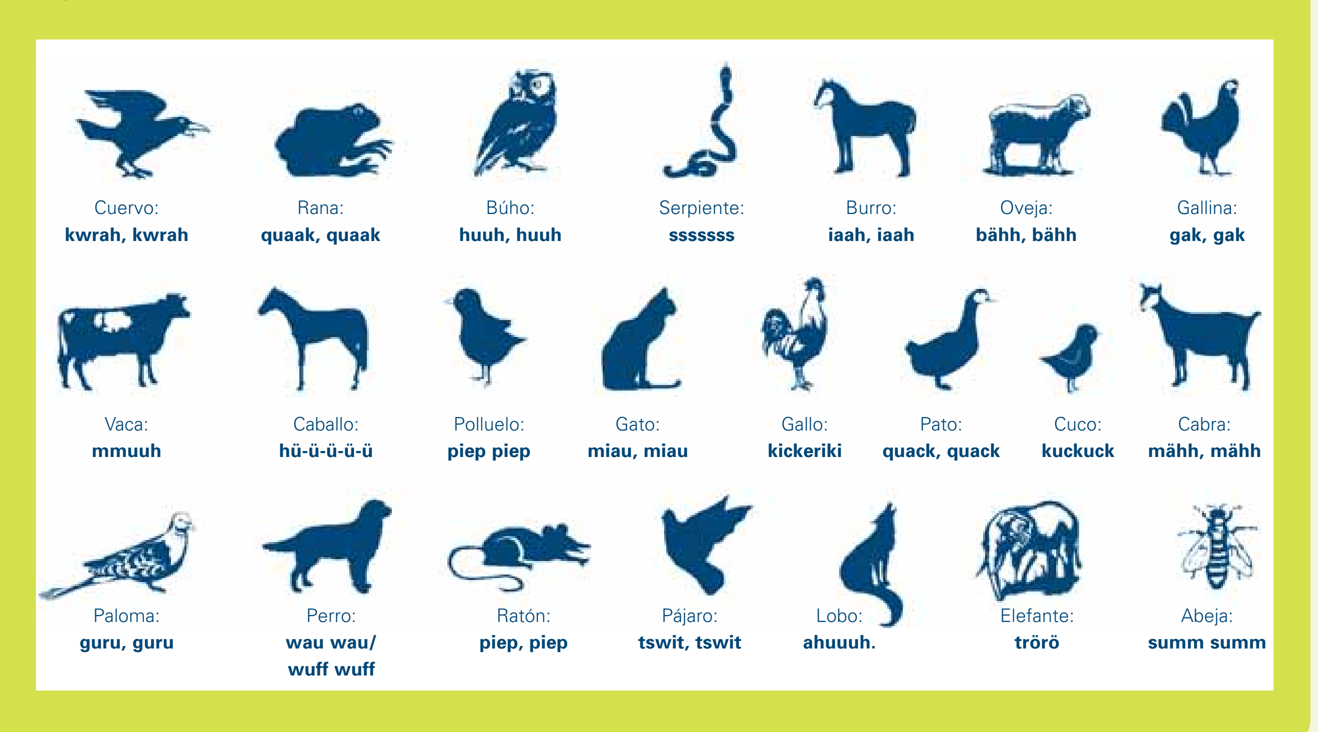
- *En La máquina del tiempo:* Pues no, no es un contable, pero tampoco es un empleado de patentes. Al menos no en enero de 1899, año en el que ni siquiera se había licenciado. Lo cierto es que comenzó a trabajar en la oficina de patentes de Berna en 1902. Queda claro que el guionista no es un "máquina" en lo tocante al tiempo.

- *En Deep Blue Sea:* De la explicación brindada por el cocinero se deduce que el tiempo es absoluto y lo que varía es la percepción que tenemos de él, cuando una de las revolucionarias ideas de la Teoría de la Relatividad Especial es precisamente que el tiempo no es absoluto, sino que es "esencialmente" distinto para cada observador. Lo más importante en este caso es que, aunque el tiempo es una magnitud relativa, no percibimos alteración alguna en la forma en que transcurre, tal y como se comprueba en el caso de la paradoja de los gemelos.

  Lo más curioso es que, aunque errónea, la explicación del cocinero es una versión bastante fiel de una explicación dada por...¡el mismísimo Einstein! Ante el acoso de periodistas y legos que le llamaban, escribían o directamente se personaban en su residencia para solicitarle una explicación de la relatividad, en un momento de enajenación dio instrucciones a su secretaria para que les respondiese en su nombre con una frase que se ha hecho famosa. "Una hora sentado con una chica guapa en un banco de parque pasa como un minuto, pero un minuto sentado sobre una estufa caliente parece que dura una hora". Una "explicación" tan imprecisa como fácilmente digerible.

15.2. La hora del zoo

Los sonidos: Abeja: summ summ. Pájaro: tswit, tswit. Gato: miau, miau. Polluelo: piep piep. Vaca: mmuuh. Cuervo: kwrah, kwrah. Cuco: kuckuck. Perro: wau wau/wuff wuff. Paloma: guru, guru. Burro: iaah, iaah. Pato: quack, quack. Elefante: trörö. Rana: quaak, quaak. Cabra: mähh, mähh. Gallina: gak, gak. Caballo: hü-ü-ü-ü-ü. Ratón: piep, piep. Búho: huuh, huuh. Gallo: kickeriki. Oveja: bähh, bähh. Serpiente: sss. Lobo: ahuuuh.



16.1. Emite un “diagnóstico”

El paciente en cuestión es Alejandro Magno y la causa de su muerte la fiebre tifoidea, una enfermedad mortal típica de la zona en la época y que en muchas ocasiones se ve complicada por una creciente y aguda parálisis.

En cuanto a la milagrosa incorruptibilidad se han dado dos posibles explicaciones. La conservación del cuerpo en alcohol desde el interior, debido a la cantidad de vino o, más probablemente, que la parálisis provocase la impresión de que estaba muerto antes de que así fuese.

17.1. Test IC

La respuesta correcta es:

1 - b; 2 - a; 3 - a; 4 - a; 5 - c; 6 - b; 7 - c; 8 - b.

17.2. El reto de Einstein

Noruego-casa amarilla-gato-agua-Dunhill

Danés-casa azul-caballo-té-Blend

Británico-casa roja-pájaros-leche-Pall Mall

Alemán-casa verde-peces-café-Prince

Sueco-casa blanca-perro-cerveza-Blue Master

18.1. Relectura crítica

1. "El otro argumento a favor de Mileva está basado en un obituario que el físico soviético Abram Joffe escribió sobre Einstein en 1954". Un obituario se refiere a una persona muerta recientemente y en 1954 Einstein todavía estaba vivo.

2. "Pero no, lo único que demuestra es la costumbre suiza de añadir el apellido familiar detrás del de la esposa". La frase, expresa justamente lo contrario a lo que refleja el Einstein-Marity al que hace alusión y que aparece unas líneas más arriba. En realidad debería poner: "la costumbre suiza de añadir el apellido de la esposa detrás del familiar".

3. "Mileva colaboró en su primer artículo sobre capilaridad, publicado en 1901, presumiblemente ayudándole a obtener datos experimentales que borraran las conclusiones que él ya había obtenido". ¿Los datos experimentales tenían como objeto borrar las conclusiones de Einstein? ¿Tiene algún sentido eso? Donde pone "borraran" tendría que poner corroboraran (o confirmaran u otro sinónimo).

4. "Al comienzo de su carrera se le acusó de plagiar las ideas de Hendrik y Lorentz, dos de los gigantes científicos". Sí y no. Se le acusó de plagiar las ideas de Hendrik Lorentz y de Henri Poincaré.

5. Bernstein habla de la naturaleza corpuscular de la luz, insiste en la existencia de fuerzas que unifican el universo, explica que se puede describir el mundo en términos del comportamiento de las partículas

subatómicas…”.La primera partícula subatómica descubierta fue el electrón, en 1897 por Thomson. La segunda, el protón, no fue descubierta hasta 1918 por Rutherford. Más aún, a lo largo de esta guía ya se ha mencionado que el artículo de 1905 de Einstein sobre el movimiento browniano sirvió para despejar las dudas que los físicos aún albergaban sobre la existencia de los átomos. Con todos estos datos en la mano cuesta creer que Bernstein pudiese referirse a las partículas subatómicas. En realidad en sus guías explicaba que se puede describir el mundo en términos del comportamiento atómico. Que ya era una gran afirmación.

19.1. ¡Qué error!

El error se introduce en el último paso, al dividir entre $a^2 - ab$ ya que partimos de que $a = b$ y por tanto $a^2 = ab$, por lo que en realidad estamos dividiendo entre cero. Y cualquier cosa dividida entre cero es igual a infinito, lo que deja sin sentido la demostración.

VI. QUIEN ES QUIEN EN ESTE TEXTO



VI. QUIEN ES QUIEN EN ESTE TEXTO

- **Abrams, Henry:** Oftalmólogo del Hospital de Princeton en el momento de la muerte de Einstein, de cuyos ojos se apropió durante la autopsia.

- **Adler, Friedrich:** (1879 - 1960) Hijo de Víktor Adler, el fundador del partido Social Demócrata Austriaco. En 1909 renunció al puesto de profesor de Física en la Universidad de Zurich en beneficio de Einstein, a quien introdujo en el internacionalismo. En 1916 asesinó de un disparo al primer ministro de Austria.

- **Alfonso XIII de España:** (1886 - 1940) Rey de España desde su nacimiento hasta la instauración de la República en 1931. Durante su reinado España perdió sus últimas colonias en América, vivió la guerra de Marruecos y sufrió la dictadura de Primo de Rivera. Casado en 1906 con la princesa escocesa Victoria Eugenia, es abuelo del Rey Juan Carlos I.

- **Amis:** Uno de los tres “mosqueperros” protagonista de la añeja serie de dibujos animados Dartacan y los tres mosqueperros. Los otros dos son Pontos y Dogos.

- **Anderson, Dr. Britt:** Investigador de la Universidad de Alabama y máximo responsable del segundo estudio efectuado sobre el cerebro de Einstein, publicado en Neuroscience Letters en 1996.

- **Angélico, Fra:** (1395 - 1455) Fraile y pintor italiano de principios del Renacimiento. Autor de los frescos que decoran algunas de las capillas vaticanas.

- **Aristóteles:** (384 a.C. - 322 a.C.) Discípulo de Platón y una de las figuras fundamentales de la historia del pensamiento, interesado por igual en la ética, la política o las ciencias. Su visión de la naturaleza fue adoptada por el cristianismo con tal fervor que sus ideas llegaron a convertirse en un lastre para el progreso de la ciencia.

- **Arquímedes:** (87 a.C. - 212 a.C.) Gran científico, matemático e inventor de la antigüedad. Protagonizó algunos de los más legendarios episodios de la historia de la ciencia, como el descubrimiento del principio que lleva su nombre mientras se daba un baño, festejado al grito de “¡Eureka!”. Murió durante el asedio a su Siracusa natal, según se dice a manos de un soldado romano al que increpó por pisar unas figuras geométricas que había dibujado en el suelo.

- **Arrhenius, Svante:** (1859 - 1927) Químico sueco, ganador del premio Nobel de Química en 1903 por sus descubrimientos sobre la disociación electrolítica. También destacó como atinado promotor de candidatos al Nobel: entre 1903 y 1927 propuso 21 de los que 15 se hicieron con el galardón.

- **Asimov, Isaac:** (1920 - 1992). Bioquímico ruso-norteamericano, popular divulgador y autor de ciencia ficción entre cuyas obras destacan La Fundación y Robots.

- **Ataulfo:** Rey godo del año 410 al 415, en que fue asesinado.

- **Avogadro, Amedeo:** (1776 - 1856) Científico italiano que formuló la ley que lleva su apellido. Apellido que también porta el número que define la cantidad de moléculas presentes en un mol de sustancia.

- **Aydelotte, Frank:** (1880 - 1956) Director del Instituto de Estudios Avanzados de Princeton entre 1939 y 1947.

- **Bach, Johann Sebastian:** (1685 - 1750) Compositor alemán, patriarca de una señalada familia de músicos, y uno de los favoritos de Einstein.

- **Bacterio, El profesor:** Azote de Mortadelo y Filemón, los personajes de Ibáñez que siempre son designados como voluntarios forzosos para probar los calamitosos inventos del científico de la T.I.A., cuyo efecto es siempre el contrario del deseado.

- **Balmer, Johann:** (1825 - 1898) Matemático suizo autor de la fórmula empírica que se ajustaba a las líneas espectrales del hidrógeno atómico y que más tarde sería explicada por Bohr.

- **Banner, Doctor Bruce:** Físico nuclear que durante un experimento se ve expuesto a una sobredosis de radiación gamma, a raíz de lo cual cuando pierde los nervios se convierte en el Increíble Hulk, ambiguo superhéroe con problemas de personalidad. Personaje de comic claramente inspirado en Dr. Jekyll y Mr. Hyde.

- **Barkla, Charles:** (1877 - 1944) Físico británico galardonado con el premio Nobel de 1917 por su descubrimiento de que los elementos emiten una radicación X característica al ser excitados.

- **Barnett, Samuel J.:** (1873 - 1956) Físico estadounidense que se centró en el estudio de los fenómenos magnéticos.

- **Baroja, Pío:** (1872 - 1956) Escritor español nacido en San Sebastián. Autor de, entre otras obras, El árbol de la ciencia, publicada en 1911.

- **Beckham, David:** (1975-) Popular futbolista británico famoso, entre otros motivos, por su habilidad para los lanzamientos con efecto.

- **Beethoven, Ludwig van:** (1770 - 1827) Compositor alemán reconocido como uno de los grandes de la historia de la música, a pesar de que a los 26 años comenzó a sufrir una sordera que con el tiempo se haría total. Einstein le admiraba, aunque era demasiado dramático y personal para su gusto.

- **Bélgica, La reina de:** (1876 - 1965) Elizabeth, reina consorte de Bélgica tras su matrimonio con Alberto I y simplemente "querida reina" para Einstein, a quien conoció en 1929 y con quien se carteó hasta el final de sus días. En 1931 Einstein realizó una visita sorpresa que acabó con una frugal comida a base de espinacas, huevos fritos y patatas sin la presencia de ningún sirviente. Desde ese instante, Einstein quedó prendado de la sencillez de los monarcas.

- **Bergson, Henri:** (1859 - 1941) Filósofo francés y premio Nobel de literatura en 1927. Escribió ensayos sobre la vertiente filosófica de la Teoría de la Relatividad, con los que Einstein no estaba muy de acuerdo.

- **Bernoulli, Daniel:** (1700 - 1782) Matemático suizo, trabajó junto a Euler en la formulación de las ecuaciones que llevan su nombre y que explican el Efecto Bernoulli. En Basilea ocupó sucesivamente las cátedras de medicina, metafísica y filosofía natural.

- **Bernstein, Aaron:** (1812 - 1884) Científico alemán de origen judío autor de las guías de divulgación científica que Einstein "devoró" en su juventud y que tanto le inspiraron.

- **Bernstein, Jeremy:** (1929-) Físico estadounidense más conocido por su faceta como autor de libros de divulgación y como columnista de la revista The New Yorker, en la que escribía perfiles de científicos. Es autor de una exitosa biografía sobre Albert Einstein titulada Einstein: el hombre y su obra.

- **Besso, Michele:** (1876 - 1955) Uno de los mejores amigos de Einstein, a quien éste honró dedicándole la última frase de su famoso artículo sobre la relatividad de 1905: "Para terminar me gustaría decir que en el estudio del problema que se ha discutido aquí he contado con la leal ayuda de mi amigo y colega M. Besso y que le estoy muy agradecido por sus numerosas y valiosas sugerencias".

- **Bodanis, David:** Consultor tecnológico y profesor universitario, autor de obras de divulgación como $E = mc^2$: la biografía de la ecuación más famosa del mundo.

- **Bohr, Niels:** (1885 - 1962) Físico danés famoso por su modelo del átomo de hidrógeno en el que introdujo la idea de la cuantización de los orbitales electrónicos y por el que recibió el Nobel de Física en 1922. Es responsable, junto a Heisenberg, de la visión de la mecánica cuántica conocida como "interpretación de Copenhague". En 1943 estuvo a punto de ser arrestado por la policía nazi, lo que evitó escapando a Suecia y de allí a Inglaterra y los EEUU.

- **Boltzmann, Ludwig:** (1844 - 1906) Físico austriaco y uno de los principales responsables del desarrollo de la teoría cinética de los gases y la mecánica estadística a través de la cual Einstein consiguió explicar el movimiento browniano.

- **Bordas, Antonio Fernández:** Violinista y director del Real Conservatorio Superior de Música de Madrid desde 1921 hasta su jubilación en 1940.

- **Born, Max:** (1882 - 1970) Físico alemán de ascendencia judía, obtuvo el premio Nobel de física de 1954 por su contribución al desarrollo de la mecánica cuántica. Es abuelo de la actriz y cantante Olivia Newton-John, protagonista de Grease.

- **Bose, Satyendra Nath:** (1894 - 1974) Físico y matemático indio que da nombre a un tipo de partículas subatómicas, los bosones. En 1924 envió a Einstein un artículo que sería el germen de la estadística de Bose-Einstein, modelo que explica el extraordinario comportamiento de los átomos a muy bajas temperaturas.

- **Bragg, William H.:** (1862 - 1942). Físico y químico británico que obtuvo, conjuntamente con su hijo, el premio Nobel de Física de 1915 por su estudio de la estructura cristalina mediante el empleo de rayos X. Durante la Primera Guerra Mundial investigó acerca de la localización de submarinos mediante el sonar.

- **Bragg, William L.:** (1890 - 1971) Físico y matemático británico nacido en Australia, donde su progenitor, que le precede en este índice, ejerció de profesor universitario una temporada. Le fue concedido el Premio Nobel de 1915 a la edad de 25 años, lo que le convierte en el galardonado más joven de la historia de los premios.

- **Brahe, Tycho:** (1546 - 1601) Astrónomo danés autor de las mediciones celestes en las que se basaría Kepler para describir las órbitas de los planetas como elipses. Célebre por haber fundado el primer instituto astronómico y por su nariz metálica, que sustituía a la original perdida en un duelo durante la juventud.

- **Bridgman, Percy W.:** (1882 - 1961) Físico estadounidense que obtuvo el premio Nobel en 1946 por su trabajo sobre la física de altas presiones. Fue uno de los firmantes del Manifiesto Russell-Einstein.

- **Brod, Max:** (1884 - 1968) Periodista, escritor, dramaturgo, crítico y compositor judío de origen checo. Autor de La redención de Tycho Brahe (1916), cuyo personaje de Kepler reconstruyó inspirándose en la personalidad de Einstein. Fue además amigo de Kafka, su biógrafo y el responsable de la publicación póstuma de sus obras.

- **Brown, Doctor Emmett:** Alias “Doc”. Excéntrico científico de clara inspiración einsteiniana que coprotagonizó la cinematográfica trilogía de Regreso al futuro.

- **Brown, Robert:** (1773 - 1858) Botánico británico que en 1827 describió por primera vez el movimiento browniano. Fue pionero en la exploración de la flora de Australia, experiencia que le llevó a animar al joven Darwin a embarcarse en el Beagle.

- **Bush, George W.:** (1946-) Cuadragesimotercer presidente de los EEUU, e hijo del cuadragésimoprimero, con el que comparte nombre y orientación política.

- **Cabrera, Blas:** (1878 - 1945) Físico y matemático canario que destacó por sus estudios experimentales de las propiedades magnéticas de la materia. En 1923 publicó su Tratado de relatividad. En 1930 fue invitado con el respaldo de Marie Curie y Einstein a la VI conferencia Solvay que reunía a los mejores físicos europeos de la época.

- **Campalans, Rafael:** (1887 - 1933) Ingeniero industrial y dirigente socialista catalán. Fue uno de los anfitriones de Einstein durante su visita a Barcelona, tras lo cual decidió bautizar a su hijo con el nombre de Albert.

- **Cervantes, Miguel de:** (1547 - 1616) Escritor español autor de El ingenioso hidalgo Don Qujote de la Mancha, quizá la obra más importante escrita en la lengua de Cervantes. También se le conoce como "El manco de Lepanto", pues en esta batalla quedó inútil de la mano izquierda. Estuvo en la cárcel y fue comisario de provisiones de la Armada Invencible.

- **Chico:** Nombre del perro que convivió con Einstein en Princeton.

- **Chiflado, El Profesor:** Profesor de ciencias protagonista de la película del mismo nombre. Poco agraciado y socialmente inepto, crea una pócima que le transforma en el hombre ideal. El papel fue interpretado por Jerry Lewis y Eddie Murphy.

- **Churchill, Winston:** (1874 - 1965) Primer ministro británico en los periodos de 1940-45 y 1951-55. Personaje fundamental en la victoria aliada en la Segunda Guerra Mundial, en 1953 obtuvo el premio Nobel de Literatura.

- **Copérnico, Nicolás:** (1473 - 1543) Canónigo y astrónomo polaco que cambió el paradigma medieval del universo geocéntrico proponiendo un modelo heliocéntrico en el que todos los planetas orbitaban alrededor del Sol. Esperó hasta poco antes de su muerte para publicar sus ideas en De Revolutionibus Orbium Coelestium.

- **Cossio, Manuel Bartolomé:** (1857 - 1935) Pedagogo y profesor de Historia del Arte. Dirigió el Museo Pedagógico Nacional y, en 1921 fue nombrado Consejero de Instrucción Pública.

- **Cousteau, Jacques:** (1910 - 1997) Explorador e investigador marino francés. Inventó el primer sistema de buceo autónomo y popularizó las filmaciones submarinas.

- **Crick, Francis:** (1916 - 2004) Biólogo británico que en 1953 presentó junto a James Watson el descubrimiento de la estructura del ADN, hallazgo por el que ambos recibieron el Nobel de medicina en 1962.

- **Curie, Marie:** (1867 - 1934) Química de origen polaco que desarrolló su carrera científica en Francia. Casada con el también químico Pierre Curie, fue pionera del estudio de la radiactividad y la primera

persona que obtuvo dos premios Nobel en categorías distintas: el de Física en 1903 y el de Química en 1911.

- **Curie, Pierre:** (1859 - 1906) Físico francés pionero en el estudio cristalográfico, del magnetismo, de la piezoelectricidad y, ya junto a su esposa Marie, también de la radiactividad. Ambos compartieron el premio Nobel de física en 1903 por sus logros en este campo. Murió aplastado por un carro.

- **Dalén, Nils Gustav:** (1869 - 1937). Ingeniero sueco ganador del premio Nobel de física de1912 por su invención de unos reguladores automáticos para su uso en boyas y faros.

- **Darío, Rubén:** (1867 - 1916) Diplomático nicaragüense, periodista y poeta modernista. Cónsul en París y Madrid, influyó en los escritores de la generación de 98.

- **Darwin, Charles:** (1809 - 1882). Autor de la Teoría de la Evolución que describe la transformación que experimentan las especies en el transcurso de las generaciones mediante la herencia de las características biológicas que favorecen la supervivencia de los individuos. Hoy en día es posible "ver evolucionar" una colonia de bacterias.

- **De Broglie, Louis:** (1892 - 1987) Príncipe y físico francés. En 1924 postuló en su tesis doctoral la idea de que las partículas subatómicas podían comportarse como ondas y como partículas, dualidad que llamó la atención de Einstein. Nobel de Física en 1929.

- **De Haas, Wander J.:** (1878 - 1960) Físico holandés que se centró en el estudio de los efectos magnéticos sobre los distintos elementos. Junto a otros científicos da nombre a varios de estos efectos, entre ellos el conocido como Efecto Einstein-De Haas.

- **De los Ríos, Fernando:** (1879 - 1949) Intelectual y poeta malagueño. Ocupó sucesivamente los ministerios de Gracia y Justicia, de Instrucción Pública y de Estado durante la Segunda República, y fue embajador en EEUU durante la Guerra Civil.

- **De Sitter, Willem:** (1872 - 1934) Físico, astrónomo y matemático holandés. Contribuyó a la difusión de la Teoría de la Relatividad General y en 1932 firmó con Einstein un artículo en el que predecían la existencia de materia oscura en el universo.

- **Debussy, Claude:** (1862 - 1918) Compositor francés, representante del movimiento impresionista y considerado uno de lo renovadores de la música clásica.

- **Derain, André:** (1880 - 1954) Pintor e ilustrador francés, intimo amigo de Matisse, junto a quien lideró el transgresor movimiento de los fauves, o salvajes.

- **Diamond, Dra. Marian C.:** Investigadora y profesora de la Universidad de Berkeley. Responsable del primer estudio efectuado sobre el cerebro de Einstein, en 1985, y publicado en la revista Experimental Neurology.

- **Dick, Marcel:** (1898 - 1991) Violinista y compositor húngaro. En 1921 se convirtió en el primer violinista de la Orquesta Sinfónica de Viena, y en 1934 se trasladó a EEUU.

- **Diderot, Denis:** (1713 - 1784) Filósofo y escritor francés. Entre 1751 y 1772 dirigió la redacción de la primera Enciclopedia Universal editada en Francia, integrada por 71.818 artículos y en la también participaron Voltaire, Montesquieu o Jean-Jacques Rousseau.

- **Dirac, Paul:** (1902 - 1984) Físico inglés, premio Nobel en 1933 por sus aportaciones a la física cuántica. En 1928 dedujo la ecuación que lleva su nombre y que describe el comportamiento de un electrón que se mueva a velocidades relativistas. Esta ecuación permitió deducir la existencia de los positrones, y por tanto, de la antimateria.

- **Doppler, Christian:** (1803 - 1853) Matemático y físico austriaco que describió la variación aparente de la frecuencia de una onda cuando la fuente se mueve respecto al observador (por ejemplo, la sirena de una ambulancia). Hijo de una familia de albañiles, optó por la ciencia porque su delicada salud le impidió dedicarse al negocio familiar.

- **Dukas, Helen:** (1896 - 1982) Secretaria de Einstein desde 1928 y principal heredera y custodia de su legado.

- **Dumas, Alejandro:** (1802 - 1870) escritor y dramaturgo francés de cuya pluma salieron D'artagnan y Los tres mosqueteros o El conde de Montecristo.

- **Duque, Pedro: (1963-):** Astronauta español. En 1988 participó en una de las misiones del transbordador espacial Discovery y en 2003 viajó a la Estación Espacial Internacional.

- **Eddington, Arthur:** (1882 - 1944) Influyente astrofísico que desde la presidencia de la Royal Astronomical Society impulsó la expedición para observar el eclipse de Sol que permitió comprobar experimentalmente la deflexión de la luz predicha por la Teoría de la Relatividad General. Pacifista convencido, durante la Primera Guerra Mundial se declaró objetor de conciencia.

- **Edison, Thomas:** (1847 - 1931) Prolífico inventor y empresario estadounidense de formación autodidacta. Obtuvo 1093 patentes, aunque muchas de ellas eran mejoras de otros inventos o creaciones de sus empleados, entre los que destaca Nikola Tesla. Desde niño arrastraba una sordera parcial y miedo a la oscuridad, y entre sus inventos destacan el fonógrafo y sus contribuciones al desarrollo de las bombillas incandescentes.

- **Ehrenfest, Paul:** (1880 - 1933) Físico austriaco de ascendencia judía. Contribuyó al desarrollo de la física cuántica y fue un gran amigo de Einstein hasta su suicidio.

- **Ehrenfest, Tatiana:** (1876 - 1964) Matemática rusa, esposa y colaboradora de Paul Ehrenfest.

- **Einstein:** Perro del Doctor Emmett Brown –coprotagonista de la saga Regreso al futuro- y primer ser vivo en viajar en el coche-máquina del tiempo creado por su dueño.

- **Eisenhower, Dwight D.:** (1953 - 1961) Trigesimocuarto presidente de los EEUU entre 1953 y 1961. Convirtió a su país en la primera potencia nuclear y creó la NASA a fin de competir con la URSS en la carrera espacial.

- **Eisenstein, Sergei:** (1898 - 1948) Director de cine soviético, inventor del montaje. Dirigió, ente otras, El acorazado Potemkin e Iván el Terrible, que hizo las delicias de Stalin.

- **Epstein, Lewis Carroll:** Profesor, periodista científico y autor de libros de divulgación de física, entre ellos Relativity visualized.

- **Euclides:** (En torno al 350 a.C.) Filósofo y matemático griego, presentó en los Elementos una síntesis de la geometría que no sería superada hasta el siglo XIX.

- **Euler, Leonhard:** (1707 - 1783) Matemático nacido en Suiza, aunque pasó la mayor parte de su vida en Rusia. En 1735 perdió la visión del ojo derecho, al parecer, mientras realizaba un experimento de óptica; y en 1766 la del izquierdo, lo que no le impidió seguir publicando trabajos. Entre sus contribuciones figuran la introducción del número “e” y el célebre problema lúdico-topológico de los puentes de Konigsberg.

- **Faraday, Michael:** (1791 - 1867) Físico y químico británico, se formó leyendo los libros que encuadernaba en el taller donde trabajaba. Einstein le consideraba uno de los “cuatro fantásticos”, junto a Galileo, Maxwell y Newton.

- **Fermi, Enrico:** (1901 - 1954) Físico italiano pionero en el estudio de la fisión nuclear, recibió el Nobel de Física en 1938. En 1942 dirigió la construcción del primer reactor nuclear bajo las gradas del estadio de la Universidad de Chicago.

- **Feynman, Richard:** (1918 - 1988) Físico estadounidense, obtuvo el Nobel en 1965 por sus contribuciones a la electrodinámica cuántica. Sus obras autobiográficas, iluminadas por su espíritu de libertad y sentido del humor, son una lectura imprescindible.

- **Fitzgerald, George:** (1851 - 1901) Profesor de ciencias en Dublín que en 1894 conjeturó que la presión del éter provocaba la contracción de los cuerpos, lo que justificaría que el éter fuera indetectable.

- **Fizeau, Armand Hippolyte:** (1819 - 1896) Físico francés, estudió junto a Foucault los fenómenos de interferencia de la luz. En 1848 diseñó un instrumento para medir velocidad de la luz, obteniendo un resultado de 313.000 Km/s.

- **Flettner, Anton:** (1885 - 1961) Inventor alemán especializado en aeronáutica. Entre sus creaciones destacan el barco Flettner, impulsado por rotores verticales.

- **Flexner, Abraham:** (1886 - 1959) Fundador y primer director del Instituto de Estudios Avanzados de Princeton, para el que reclutó a Einstein en 1932.

- **Fogg, Phileas:** Millonario aficionado a las apuestas arriesgadas, protagonista de La vuelta al mundo en ochenta días de Julio Verne.

- **Fonda, Henry:** (1905 - 1982) Actor estadounidense especializado en personajes de conducta ejemplar. Patriarca de una familia de interpretes en la que destacan sus hijos Jane y Peter y su nieta Bridget.

- **Foucault, J. B Leon:** (1819 - 1868) Físico francés que en 1851 diseñó el péndulo que lleva su nombre, primera prueba experimental de la rotación de la Tierra. Junto a Fizeau mejoró la medida de la velocidad de la luz, obteniendo un valor de 298.000 Km/s.

- **Fourier, Jean Baptiste:** (1768 - 1830) Matemático y físico francés, creador de las series y transformaciones que llevan su nombre. En 1824 postuló que los gases presentes en la atmósfera afectaban a la temperatura de la superficie, lo que resultó ser cierto.

- **Francisco José I:** (1830 - 1916) Emperador Austrohúngaro entre 1848 y 1916. En 1914 declaró la guerra a Serbia, dando comienzo a la Primera Guerra Mundial.

- **Franklin, Benjamín:** (1706 - 1790) Periodista, político e inventor estadounidense, participó en la redacción de la Declaración de Independencia. En 1752 comprobó con una cometa que los rayos eran descargas de la electricidad acumulada en las nubes.

- **Freud, Sigmund:** (1856 - 1939) Psiquiatra austriaco, padre de psicoanálisis. Einstein desconfiaba de sus métodos, lo que no le impidió escribir con él ¿Por qué la guerra?

- **Freudenthal, Gustav:** Fotógrafo y cónsul alemán en Zaragoza en la época en que Einstein visitó la ciudad.

- **Frisch, Otto:** (1904 - 1979) Físico austriaco, en 1938 describió junto a su tía Lise Meitner el proceso de fisión nuclear basándose en los datos experimentales obtenidos por Otto Hahn y Fritz Strassmann. Posteriormente desarrolló el mecanismo teórico para detonar una bomba atómica.

- **Galilei, Galileo:** (1564 - 1612) Astrónomo, físico y matemático italiano. Enunció el primer principio de relatividad y construyó telescopios con los que desmontó la visión clásica del universo centrado en la Tierra al descubrir que Júpiter tenía satélites propios. Procesado por la Iglesia, tuvo que retractarse de su opinión.

- **Gandhi, Mahatma:** (1869 - 1948). Líder político hindú, se hizo acreedor del apelativo Mahatma ("gran alma" en sánscrito) por su defensa de la revolución pacífica basada en la desobediencia civil y la resistencia pasiva. Contribuyó a la independencia de la India y abogó por la integración de las castas y el fin de los conflictos religiosos.

- **Garbo, Greta:** (1905 - 1990). "La divina". Actriz sueca que desarrolló casi toda su carrera en Hollywood. Fue Anna Karenina y Mata Hari. Nominada cuatro veces al Oscar sin éxito, renunció al honorífico que le concedió la Academia.

- **García Márquez, Gabriel:** (1928-) Periodista y escritor colombiano. En 1967 publicó Cien años de soledad, obra cumbre del realismo mágico. Obtuvo el Nobel en 1982.

- **Ghiorso, Albert:** (1915-) Físico nuclear estadounidense especializado en el descubrimiento de elementos transuránidos. En su haber tiene una docena, la mayoría de ellos en colaboración con Glenn T. Seaborg.

- **Gödel, Kurt:** (1906 - 1978): Filósofo y matemático nacido en la actual República Checa. Tras huir de la Alemania nazi recaló en Princeton, donde trabó amistad con Einstein. Sus trabajos sobre lógica revolucionaron la disciplina y tuvieron una gran influencia en la filosofía de la ciencia.

- **Goodman, Nelson:** (1906 - 1998) Filósofo estadounidense, autor de notables aportaciones al problema de la inducción, proceso que permite llegar a leyes generales partiendo de observaciones particulares.

- **Gorbachov, Mijail:** (1931-) Presidente de la URSS entre 1989 y 1991. Puso en marcha la reforma económica bautizada como Perestroika e impulsó el fin de la guerra fría. En 1990 fue reconocido con el Premio Nobel de la Paz.

- **Goya, Francisco de:** (1746 - 1848). Destacado pintor que logró reflejar con maestría las realidades y apariencias de la España de su tiempo. La maja desnuda y La maja vestida figuran entre sus cuadros más famosos.

- **Catalina II de Rusia:** (1729 - 1796). Esposa del zar Pedro III, asumió el control del Imperio tras el fallecimiento de éste. Acogió en su corte a muchos de los intelectuales de la época, como Diderot o Euler.

- **Grass, Günter:** (1927-) Escritor alemán premiado con el Nobel en 1999. Conocido también por sus facetas como activista político y defensor de los derechos humanos. Su obra más conocida es El tambor de hojalata.

- **Greco, El:** (1541 - 1614) Pseudónimo de Doménikos Theotokopoulos, pintor griego afincado en España. Su Entierro señor de Orgaz impresionó a Einstein en Toledo.

- **Grillo, Pepito:** Grillo que encarna a la voz de la conciencia de Pinocho en la película del mismo título de la Disney.

- **Grissom, Gill:** Jefe del equipo de científicos criminalistas de la serie CSI Las Vegas. Apasionado de la entomología, las citas de Shakespeare y las montañas rusas.

- **Grossmann, Marcel:** (1878 - 1936) Amigo de Einstein desde los tiempos en que ambos estudiaban en la ETH, la Escuela Politécnica de Zurich.

- **Guillaume, Charles E.:** (1861 - 1938) Físico francés. En 1920 fue galardonado con el Nobel a pesar de que muchos científicos esperaban que recayese en Einstein.

- **Haber, Fritz:** (1868 - 1934) Químico alemán de origen judío. Su proceso de síntesis del amoniaco a partir de nitrógeno e hidrógeno le valió el premio Nobel de Química en 1918. Durante la Primera Guerra Mundial trabajó en el desarrollo de armas químicas y máscaras antigás, pero a pesar de su patriotismo declarado fue expulsado de Alemania por los nazis. Fue amigo de Einstein en Berlín.

- **Habitch, Konrad:** (1876 - 1958) Matemático alemán y buen amigo de Einstein durante su etapa en Berna. Uno de los tres fundadores de la Academia Olimpia.

- **Hadamard, Jacques:** (1865 - 1963) Matemático francés que da nombre a una desigualdad, a una transformación y hasta a un "puente" usado en computación cuántica. También fue un importante activista político y defensor de la causa judía.

- **Hahn, Otto:** (1879 - 1968) Químico alemán, en 1938 participó en el descubrimiento de la reacción de fisión del uranio. Tras la Segunda Guerra Mundial y a pesar de apoyar la causa del desarme nuclear estuvo bajo vigilancia debido a las sospechas sobre su participación en el proyecto atómico nazi. Ganó el Nobel de Química en 1944.

- **Hall, Monty:** (1921-) Actor canadiense muy popular en EEUU, presentó el concurso Let's Make a Deal (Hagamos un trato) entre 1963 y 1986.

- **Hallwachs, Wilhelm:** (1859 - 1922) Físico alemán, profundizó en el estudio del efecto fotoeléctrico descubierto por Hertz.

- **Harlin, Renny:** (1959-) Director de cine de origen finlandés, responsable entre otras de Deep blue sea, La isla de las cabezas cortadas y Cliffhanger
- **Harvey, Thomas:** (1913-) Patólogo de la Universidad de Princeton, encargado de la autopsia de Einstein y responsable de la sustracción de su cerebro.
- **Hawking, Stephen:** (1942-) Cosmólogo y exitoso autor de divulgación científica. Sus investigaciones parten de la Teoría de la Relatividad para estudiar el comienzo del universo en el Big Bang o los agujeros negros. Padece esclerosis lateral amiotrófica, una grave enfermedad degenerativa que le fue diagnosticada a los 21 años.
- **Haydn, Franz Joseph:** (1732 - 1809) Compositor austriaco, considerado junto a Mozart como el máximo exponente del periodo clásico de la música clásica.
- **Heisenberg, Werner:** (1901 - 1976). Físico alemán. Enunció el principio de incertidumbre que lleva su nombre y formuló la mecánica cuántica junto a Dirac y Schrödinger, por lo que en 1931 le fue concedido el Nobel de Física. Máximo responsable del fallido proyecto nuclear alemán durante la guerra.
- **Hertz, Heinrich:** (1857 - 1894) Físico alemán, demostró la existencia de ondas electromagnéticas y descubrió el efecto fotoeléctrico, que sería explicado por Einstein en 1905. La unidad de frecuencia de las ondas lleva su nombre.
- **Hilbert, David:** (1862 - 1943) Posiblemente el matemático más influyente de la época, colaboró con Einstein en la formulación de la Teoría General de la Relatividad. En un congreso internacional celebrado en 1900 presentó una lista con los 23 problemas más importantes de la disciplina, de los que seis aún están pendientes de resolver.
- **Hitler, Adolf:** (1889 - 1945) Líder nazi, Fuhrer de Alemania desde 1933 hasta su muerte. Uno de los mayores genocidas de la historia.
- **Holmes, Sherlock:** Famoso detective surgido de la imaginación de Sir Arthur Conan Doyle en 1887. Goza de una prodigiosa capacidad deductiva y de una sólida formación científica. Siempre va acompañado por el Dr. Watson, fiel amigo y cronista. Comparte aficiones con Einstein, ya que fuma en pipa y toca el violín.
- **Hoover, J. Edgar:** (1895 - 1972) Director del FBI desde 1924 hasta su muerte, tiempo durante el cual acaparó un enorme poder gracias a los comprometedores informes que poseía sobre las personas más influyentes del país. Perseguidor infatigable del comunismo, fue responsable de la creación de los laboratorios del FBI.

- **Hubble, Edwin:** (1889 - 1953) Astrónomo estadounidense. Descubrió el corrimiento al rojo de la radiación procedente de las galaxias, prueba de que el universo entero se encuentra en expansión y por tanto de que tuvo su origen en una gran explosión. Un legendario telescopio espacial lleva su nombre.

- **Hughes, Howard:** (1905 - 1976) Exitoso empresario y productor de cine estadounidense. Su pasión por la aviación le llevó a batir el record de velocidad en 1935 con un aeroplano diseñado por él mismo.

- **Huygens, Christian:** (1629 - 1695) Astrónomo, matemático y físico holandés, autor de la teoría ondulatoria de la luz opuesta a la interpretación corpuscular de Newton. Construyó un telescopio que le permitió descubrir los anillos de Saturno y a Titán, la mayor de sus lunas.

- **Infeld, Leopold:** (1898 - 1968) Físico polaco, colaboró con Einstein en Princeton y juntos formularon una ecuación para describir el movimiento de las estrellas. En 1938 publicaron juntos La Física: Aventura del pensamiento. Fue uno de los once firmantes de manifiesto Russell-Einstein.

- **Jekyll, Doctor Henry:** Protagonista de la novela de Robert Louis Stevenson junto a Mr. Hyde. En realidad ambos son la misma persona, aunque el segundo es el fruto de una poción que el primero crea para demostrar que el bien y el mal, presentes en cada individuo, se pueden separar.

- **Joffe, Abram:** (1880 - 1960) Científico soviético, asistente de Röntgen en Munich de 1902 a 1906. Realizó importantes investigaciones en el campo de los semiconductores.

- **Joliot-Curie, Frédéric:** (1900 - 1958) Físico francés. En 1925 entró a trabajar como asistente de Marie Curie y un año después se casó con su hija Irene, con quien compartió el premio Nobel de química en 1935. Tomó parte activa de la resistencia francesa durante la ocupación nazi. Firmó el manifiesto Russell-Einstein.

- **Jomeini, Ayatolá:** (1900 - 1989) De nombre Ruhollah (Ayatolá es un título religioso que se traduce como “enviado de Dios”). Líder fundamentalista iraní que encabezó la revolución de 1979 y gobernó el país hasta su muerte.

- **Kafka, Franz:** (1883 - 1924) Escritor de origen judío nacido en Praga, autor de La metamorfosis y El Proceso. El adjetivo “kafkiano” se emplea para definir una situación absurda y angustiosa.

- **Kaufmann, Walter:** (1871 - 1947) Físico experimental alemán, el primero en citar el artículo de la Relatividad Especial de Einstein por unos datos experimentales que había obtenido y que no concordaban la teoría.

- **Kepler, Johannes:** (1571 - 1630) Astrónomo alemán, sucedió a Tycho Brahe como astrónomo imperial y utilizó sus observaciones para descubrir que los planetas siguen en realidad órbitas elípticas alrededor

del Sol. En 1634 escribió Somnium, uno de los primeros relatos de ciencia-ficción de los que se tiene constancia.

- **Kleiner, Alfred:** (1849 - 1916) Profesor de física de la Universidad de Zurich, apoyó a Einstein como candidato al puesto de profesor asociado. Existe la leyenda de que Kleiner rechazó la tesis doctoral presentada por Einstein por considerarla demasiado corta, pero que a éste le bastó con añadir una frase para que se la aceptasen.

- **Knetch, Frieda:** (1895 - 1958) Primera esposa de Hans Albert a pesar de la manifiesta oposición que Einstein y Mileva mostraron ante el enlace de su primogénito.

- **Koch, Robert:** (1843 - 1910) Médico alemán, uno de los fundadores de la bacteriología y premio Nobel de medicina en 1905. Descubrió los microorganismos responsables de la tuberculosis y el cólera.

- **Kochertaler, Lina y Kuno:** Familiares de Elsa, la segunda esposa de Einstein, que vivían en Madrid y ejercieron de guías del matrimonio durante su estancia en la capital.

- **Lana Sarrate, Casimiro:** Químico aragonés, profesor del Instituto de Estudios Catalanes y uno de los intermediarios que hizo posible el viaje de Einstein a España.

- **Langevin, Paul:** (1872 - 1946) Físico francés, contribuyó a difundir la Teoría de la Relatividad en su país. En 1910 mantuvo un sonado romance con Madame Curie.

- **Lassaletta, Bernat:** Catedrático en la Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona, acompañó a Einstein en alguna de sus excursiones por la ciudad y alrededores.

- **Lawrence, Ernest O.:** (1901 - 1958) Físico estadounidense inventor del ciclotrón, lo que le hizo merecedor del Nobel de Física de 1939. En 1958 fue enviado por el presidente Eisenhower a Suiza para negociar con la URSS la suspensión de las pruebas nucleares.

- **Lieserl:** (1902 - ¿) Supuesta hija que Einstein y Mileva Maric tuvieron antes de casarse y que presuntamente fue dada en adopción.

- **Lorentz, Hendrick:** (1853 - 1928) Físico holandés, ganador del Nobel de física en 1902 por su investigación de la radiación electromagnética.

- **Lowell, Percival:** (1855 - 1916) Astrónomo estadounidense, construyó un observatorio para estudiar las líneas que se observan en la superficie de Marte, convencido de que eran canales artificiales construidos por una civilización extraterrestre. También se interesó por un supuesto planeta más allá de Neptuno, al que bautizó como Planeta X.

- **Mach, Ernst:** (1838 - 1916) Físico y filósofo austriaco cuya crítica de la mecánica de Newton influyó decisivamente en el joven Einstein. El número de Mach se usa para describir la velocidad de un cuerpo respecto a la velocidad del sonido.

- **Madre, La reina:** (1858 - 1929) María Cristina de Habsburgo-Lorena. Princesa austriaca convertida en reina de España tras su matrimonio con Alfonso XII. Madre de Alfonso XIII, ejerció como regente mientras su vástago fue menor de edad, desde 1886 a 1902, periodo en el que España vivió la guerra con EEUU y perdió sus colonias americanas.

- **Magnus, Heinrich G.:** (1802 - 1870) Químico y físico alemán. Descubrió varios compuestos, entre ellos la primera sal de platino y amonio bautizada como sal verde de Magnus, y describió el efecto que lleva su nombre. Alcanzó un gran prestigio como profesor merced a sus lúcidas explicaciones trufadas de demostraciones prácticas.

- **Maric, Mileva:** (1875 - 1948) Primera esposa de Einstein.

- **Marx, Adolfo:** Alemán de origen judío y residente en Barcelona que en 1934 estableció contacto con Einstein para invitarle en nombre de la Generalitat catalana a acudir a la ciudad a fin de ser nombrado ciudadano honorario.

- **Mata Hari:** (1876 - 1917) Nombre artístico de la bailarina holandesa Margaretha Geertruida Zelle, que alcanzó fama mundial por sus danzas de inspiración oriental y por sus amantes. Acusada de espionaje por los franceses, fue juzgada y ejecutada en 1917.

- **Matthau, Walther:** (1920 - 2000) Gran actor especializado en papeles cómicos, formó con Jack Lemmon una pareja inolvidable. Obtuvo el Oscar al mejor actor secundario en 1966 por En bandeja de plata. En El genio del amor interpretó a un anciano Einstein.

- **Matisse, Henri:** (1869 - 1954) Escultor y pintor francés que participó en la fundación del movimiento pictórico conocido como fauvismo. Estudió derecho y trabajó como funcionario hasta que descubrió la pintura mientras se recuperaba de una apendicitis.

- **Maxwell, James Clerk:** (1831 - 1879). Físico británico que hizo importantes contribuciones a la termodinámica y, sobre todo, en el electromagnetismo, disciplina que él mismo fundó al unificar la explicación de los fenómenos eléctricos y magnéticos. Es otro de los “cuatro fantásticos” de Einstein, junto a Faraday, Galileo y Newton.

- **Mayer, Walter:** (1887 - 1948) Matemático austriaco. Desde 1929 ayudó a Einstein en su búsqueda de las ecuaciones para una teoría de campo unificada. La colaboración entre ambos finalizó en 1934.

- **Maynés, Enric:** (1883 - 1951) Abogado y alcalde accidental de Barcelona durante la visita de Einstein a la ciudad.

- **McCarthy, Joseph:** (1908 - 1957) Senador estadounidense entre 1947 y 1957. Fue el instigador de la “caza de brujas” o “macartismo” , como se denominó a la persecución de los simpatizantes con el comunismo, so pretexto de preservar la seguridad nacional.

- **McFly, Marty:** Protagonista de la trilogía de Regreso al futuro, viaja por el tiempo a bordo de la máquina construida por su amigo el Doctor Emmet Brown.

- **Mechnikov, Ilya:** (1845 - 1916) Biólogo ucraniano especialista en inmunología. Descubrió la fagocitosis, lo que le valió el premio Nobel de medicina en 1908. Intentó suicidarse, sin éxito, en dos ocasiones, la primera con una sobredosis de opio y la segunda inoculándose el microorganismo responsable de la fiebre tifoidea.

- **Meitner, Lise:** (1878 - 1968) Física austriaca, colaboró con Otto Hahn durante años, incluso cuando fue expulsada de la Alemania nazi por su ascendencia judía. Desde el exilio interpretó los datos experimentales obtenidos por Hahn y Strassmann, describiendo el proceso de fisión nuclear. Su exclusión del Nobel de química de 1944, otorgado a su colega, es una de las grandes injusticias en la historia de los premios.

- **Mendel, Toni:** Rica viuda alemana de origen judío, amante esporádica de Einstein en Berlín. Ambos mantuvieron el contacto tras emigrar a Norteamérica.

- **Mendeleiev, Dimitri:** (1834 - 1907) Químico ruso creador de la tabla periódica de los elementos, que permitía predecir las propiedades de elementos aún no descubiertos.

- **Michelson, Albert:** (1852 - 1931) Físico estadounidense, el primero de esta nacionalidad en merecer el Nobel de su especialidad, en 1907. Diseñó un famoso experimento para determinar el efecto del éter sobre la velocidad de la luz, y en 1920 midió por primera vez el diámetro de una estrella lejana.

- **Midas, Rey:** Personaje de la mitología griega. Soberano de Frigia al que Dionisio premió por su hospitalidad otorgándole el poder de convertir en oro todo lo que tocaba, incluidos el pan, el vino y su familia. No tardó mucho en renunciar a este privilegio.

- **Millikan, Robert:** (1868 - 1953) Físico estadounidense, midió la carga del electrón observando el movimiento de gotas de aceite en suspensión, por lo que obtuvo el Nobel en 1923. También estudió el efecto fotoeléctrico y los rayos cósmicos, a los que bautizó como tales. Durante años se mostró reacio a aceptar las teorías de Einstein.

- **Minkowski, Hermann:** (1864 - 1909) Matemático germano-ruso, profesor de Einstein en la ETH antes de trasladarse a la universidad de Gotinga. En 1908 dotó a la Teoría de la Relatividad Especial de una formu-

lación matemática basada en la consideración del tiempo como una cuarta dimensión, dando origen a la idea de espacio-tiempo.

- **Miral, Domingo:** (1872 - 1942) Catedrático de Griego en la Universidad de Zaragoza, firme defensor de que los universitarios dominasen al menos tres idiomas. El mismo sabía griego, latín, sánscrito, euskera, francés, italiano y alemán, por lo que se encargó de redactar y leer el discurso ofrecido a Einstein durante su estancia en Zaragoza.

- **Morley, Edward:** (1838 - 1923) Químico estadounidense, colaboró con Michelson en el experimento al que ambos dan nombre. Al igual que su colega, Morley tampoco aceptó que los resultados que obtuvieron demostrasen la inexistencia del éter.

- **Mozart, Wolfgang Amadeus:** (1756 - 1791) Genial compositor austriaco al que Einstein consideraba su favorito. A pesar de su su corta vida dejó más de seiscientas obras, entre ellas 41 sinfonías, 22 óperas y más de una treintena de conciertos, 5 de ellos para violín.

- **Muller, Hermann J.:** (1890 - 1967) Biólogo y genetista estadounidense. Investigó los efectos de los rayos X sobre el ADN y desarrolló una técnica para producir mutaciones de forma artificial, lo que le hizo acreedor del Nobel de medicina en 1946. Fue uno de los firmantes del manifiesto Russell-Einstein

- **Nabokov, Vladimir:** (1899 - 1977) Escritor ruso-estadounidense, alcanzó la fama con la publicación de Lolita (1955). Era un gran aficionado a las mariposas y al ajedrez.

- **Nadal, Rafael:** (1986-) Tenista español, ganador entre otros torneos de Roland Garros.

- **Nathan, Otto:** (18993 - 1987) Economista alemán de ascendencia judía, lo que le llevó a exiliarse en EEUU. Fue consejero y amigo de Einstein en su etapa en Princeton. Debido a sus ideas socialistas fue perseguido por el macartismo

- **Nernst, Walther:** (1864 - 1941) Fisicoquímico alemán, ganador del Nobel de Química en 1920. Durante la Primera Guerra Mundial trabajó en el desarrollo de armas químicas.

- **Newman, Paul:** (1915-) Actor y director estadounidense, recordado por sus interpretaciones en películas como Dos hombres y un destino o La leyenda del indomable. En Cortina rasgada, de Alfred Hitchcock, interpretó a un físico atómico estadounidense que se infiltra como espía en la Alemania comunista.

- **Newton, Sir Isaac:** (1643 - 1727). Es considerado junto a Einstein el físico más importante de la historia. Hizo contribuciones fundamentales en todos los campos a los que aplicó su genio, desde la óptica a la mecánica. Forma parte, junto a Faraday, Galileo y Maxwell, del “cuarteto fantástico”. Tenia un sorprendente “lado oscuro”.

- **No, Doctor:** Malvado científico, antagonista del licencioso James Bond en la primera película del célebre agente británico creado por el novelista Ian Fleming.

- **Nobel, Alfred:** (1833 - 1896) Químico, inventor y próspero hombre de negocios sueco que obtuvo más de 350 patentes, entre ellas la de la dinamita, con las que hizo una enorme fortuna que destinó a crear y patrocinar los galardones que llevan su nombre.

- **Ochoa, Severo:** (1905 - 1993) Médico y bioquímico asturiano, nacionalizado estadounidense en 1956. En 1959 fue galardonado con el Nobel de medicina por su descubrimiento de un mecanismo para la síntesis de ARN.

- **Octopuss, Doctor:** Eminente físico nuclear, conocido como Dr. Otto Octavius hasta que un accidente laboral le convirtió en uno de los principales enemigos de Spiderman.

- **Onnes, Heike K.:** (1853 - 1926) Físico experimental holandés ganador del premio Nobel de 1913 por sus estudios de las propiedades de la materia a bajas temperaturas.

- **Oppenheim, Paul:** (1885 - 1977) Lógico y filósofo estadounidense. Fue uno de los pocos asistentes al funeral íntimo de Einstein, y junto a Otto Nathan se encargó de esparcir sus cenizas en un lugar secreto.

- **Oppenheimer, J. Robert:** (1904 - 1967) Físico estadounidense de ascendencia judío-alemana. Fue el Director Científico del Proyecto Manhattan que llevó a la fabricación de las primeras armas atómicas, por lo que también se le conoce como "el padre de la bomba". Finalizada la guerra abogó por el control de las armas nucleares y el fin de la carrera armamentística, lo que le granjeó problemas con las autoridades de su país.

- **Ortega y Gasset, José:** (1883 - 1955) Filósofo y escritor español, autor de La rebelión de las masas. Einstein le firmó una autorización para que pudiese asistir a la primera de sus conferencias en Madrid.

- **Oseen, Carl Wilhelm:** (1879 - 1944): Profesor de mecánica y física matemática en la Universidad de Uppsala. En 1922 se incorporó al comité del premio Nobel, desde el que contribuyó al reconocimiento de la física teórica presentando y defendiendo las candidaturas de Einstein y Bohr en las ediciones de 1921 y 1922 respectivamente.

- **Ostwald, Wilhelm:** (1853 - 1932) Químico germano-ruso ganador del Nobel en 1909. Investigó la catálisis, la velocidad de reacción y el equilibrio químico. Firme opositor de la existencia de los átomos, se convirtió al atomismo, según confesión propia, a raíz del trabajo de Einstein sobre el movimiento browniano.

- **Pais, Abraham:** (1918 - 2000) Físico de origen holandés. A lo largo del siglo XX colaboró con algunos de los grandes nombres de la disciplina, lo que proporciona una interesante perspectiva a sus biografías de científicos, entre ellas la de Einstein.

- **Pasteur, Louis:** (1822 - 1895) Químico y microbiólogo francés. Estudió la quiralidad o asimetría de las moléculas y desarrolló la teoría de que las enfermedades infecciosas tienen su origen en gérmenes capaces de transmitirse entre las personas. Inventó la pasteurización y desterró la teoría de la generación espontánea.

- **Pauli, Wolfgang:** (1900 - 1958): Físico austriaco. Realizó importantes contribuciones al desarrollo de la física cuántica, como el principio de exclusión que lleva su nombre y la postulación del número cuántico de espín. En 1930 propuso la existencia del neutrino, cuyo descubrimiento no se produjo hasta 1959. Obtuvo el Nobel en 1948.

- **Pauling, Linus:** (1901 - 1994) Físico-químico estadounidense. Pionero en la aplicación de la mecánica cuántica a la química y fundador de la biología molecular. Es, con Marie Curie, el único galardonado con dos premios Nobel en disciplinas distintas: el de Química en 1954 y el de la Paz en 1962 por su campaña contra las pruebas nucleares.

- **Perks, Lady Neysa:** (1896 - 1991) Actriz de cine mudo, cantante y escritora. Nació en EEUU, pero a los diecisiete años se trasladó a Europa para aprender alemán y canto.

- **Perrin, Jean Baptiste:** (1870 - 1942) Físico francés, en 1908 demostró experimentalmente las predicciones de la teoría del movimiento browniano de Einstein, poniendo fin al debate sobre la existencia real de los átomos. Obtuvo el Nobel en 1926.

- **Pestaña, Ángel:** (1886 - 1927) Figura destacada del anarcosindicalismo hispano, líder histórico de la CNT y fundador del Partido Sindicalista Español.

- **Picasso, Pablo:** (1881 - 1973) Pintor, dibujante y escultor español que desarrolló parte de su carrera en Francia. Es uno de los artistas que más han influido en la evolución del arte contemporáneo, participando en muchos de sus movimientos más representativos.

- **Pitágoras:** (582 a.C. - 496 a.C.) Filósofo y matemático griego. Fundó la escuela de los pitagóricos y ha pasado a la posteridad gracias al teorema que lleva su nombre y que tantos quebraderos de cabeza dio a Einstein en su infancia.

- **Planck, Max:** (1858 - 1947) Físico alemán que a pesar de su posición conservadora inició el camino de la física moderna al introducir el concepto de cuanto de energía para explicar la radiación del cuerpo negro. Fue el primer valedor de la Teoría de la Relatividad Especial de Einstein y en 1919 se convirtió en el primer físico teórico en merecer el premio Nobel. Su vida personal fue un cúmulo de desgracias.

- **Plesch, Janos:** (1878 - 1957) Médico húngaro de ascendencia judía que asistió a Einstein, de quien se hizo

amigo, en su etapa berlinesa. Fue el primero en aplicar la cromatografía al estudio de los pigmentos biliares.

- **Plesch, Peter:** Físico y químico, hijo de Janos Plesch , que desarrolló toda su carrera en Inglaterra, a donde su familia emigró tras el ascenso al poder del nazismo.

- **Podolsky, Boris:** (1896 - 1966) Físico estadounidense de origen ruso, trabajó con Einstein y Rosen en la elaboración de un artículo que cuestionaba mecánica cuántica a través de la paradoja que lleva el nombre de sus autores.

- **Poincaré, Henri:** (1854 - 1912) Matemático, físico y filósofo de la ciencia francés. Realizó importantes contribuciones en diversas disciplinas, entre ellas la teoría del caos y la relatividad especial.

- **Powell, Cecil F.:** (1903 - 1969) Físico británico, desarrolló un método fotográfico con el que en 1947 demostró la existencia de las partículas subatómicas denominadas piones, por lo que recibió el Nobel en 1950. Firmó el manifiesto Russell-Einstein.

- **Ptolomeo, Claudio:** (c. 85 - c.165) Astrónomo, geógrafo y matemático griego que vivió y trabajó en Alejandría, posiblemente en su legendaria Biblioteca. Tras estudiar los datos existentes acerca de movimiento de los planetas presentó un modelo de universo geocéntrico que permaneció vigente hasta el s. XVI.

- **Puig i Cadafalch, Josep:** (1867 - 1956) Arquitecto y político catalán, presidió de la Mancomunitat de Catalunya entre 1917 y 1923.

- **Q:** Extravagante inventor responsable de los sofisticados artilugios con los que el agente 007 se enfrenta a los peligros de cada nueva misión.

- **Rafael:** (1483 - 1520). Pintor y arquitecto italiano del Renacimiento. Famoso por sus numerosas e incomparables Madonnas.

- **Ramón y Cajal, Santiago:** (1852 - 1934) Médico español, demostró la individualidad de las neuronas y describió la sinapsis como sistema de comunicación interneuronal, mereciendo el Nobel de medicina en 1906. Fotógrafo, dibujante y escritor aficionado.

- **Rathenau, Walter:** (1867 - 1922) Industrial y político de origen judío, participó en la fundación del Partido Demócrata alemán. En 1921 fue nombrado ministro para la Reconstrucción y un año más tarde de Asuntos Exteriores, pero fue asesinado por ultraderechistas debido a su defensa de la cooperación con los países aliados.

- **Recesvinto:** Rey godo entre el año 653 y el año 672.

- **Reichinstein, David:** Alumno de Einstein durante su etapa como profesor de física en la Universidad de Zurich.

- **Révéscz, Andrés;** Periodista de origen húngaro del ABC al que Einstein concedió una entrevista durante su viaje en tren de Barcelona a Madrid.

- **Riemann, Georg F. B.:** (1826 - 1866) Matemático alemán cuyas contribuciones al análisis y la geometría diferencial, serían empleadas por Einstein para deducir sus ecuaciones de la Teoría General de la Relatividad.

- **Rocasolano, Antonio:** (1873 - 1941) Químico maño cuyas investigaciones sobre coloides le llevaron a interesarse por la teoría de Einstein sobre el movimiento browniano. Da su nombre al Instituto de Química-Física del CSIC.

- **Rodríguez Bachiller, Tomás:** (1899 - 1980) Matemático español. En 1923, recién licenciado, resumió las conferencias de Einstein en Madrid para el periódico "El Debate".

- **Rodríguez Carracido, José:** (1856 - 1928) Químico, farmacéutico y escritor. En 1887 entró a formar parte de la Real Academia de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, que presidiría desde 1922 hasta su muerte.

- **Roemer, Ole:** (1644 - 1710) Astrónomo e inventor danés, en 1676 efectuó las primeras medidas de la velocidad de la luz. Trabajó en la corte francesa como maestro del delfín de Luis XIV y participó en la construcción de las fuentes del palacio de Versalles. Desarrolló una de las primeras escalas de temperatura.

- **Röntgen, Wilhelm:** (1845 - 1923) Físico alemán. En 1895 fabricó una máquina de rayos por la que obtuvo en 1901 el primer premio Nobel. Sus principios le llevaron a donar el dinero del premio a su universidad, rechazó solicitar una patente y renunció a que los rayos llevaran su nombre.

- **Roosevelt, Franklin Delano:** (1888 - 1945) Trigesimosegundo presidente de los EEUU y el único que fue elegido en cuatro ocasiones. Gobernó desde 1933 hasta su muerte, poco antes del final de la Segunda Guerra Mundial.

- **Rosen, Nathan:** (1909 - 1995) Físico estadounidense de ascendencia judía, en 1935 intentó demostrar junto a Einstein y Podolsky las limitaciones de la mecánica cuántica, aunque acabaría aceptando la teoría. En 1936 colaboró con Einstein en la descripción de los túneles espaciotemporales más conocidos como "agujeros de gusano".

- **Rosenthal-Schneider, Ilse:** (1891 - 1990) Alumno de Einstein durante su etapa en Berlín, fue testigo de la reacción de su profesor cuando recibió el telegrama con los resultados de la expedición del eclipse de 1919. Escribió dos libros sobre Einstein.

- **Rotblat Joseph:** (1908-) Físico polaco (luego británico) y militante pacifista. Abandonó el Proyecto Manhattan tras la rendición de Alemania alegando que ya no tenía justificación. En 1957 fundó junto a Bertrand Russell la organización Pugwash. Dos años antes había sido el único de los once firmantes del Manifiesto Russell-Einstein que no contaba con un premio Nobel, aunque en 1995 obtendría el de la Paz.

- **Royo-Villanova, Ricardo:** Médico y rector de la Universidad de Zaragoza entre 1913 y 1928. En 1905 y con motivo del tricentenario del Quijote publicó un tratado sobre la locura de éste, llegando a la conclusión de que padecía paranoia crónica.

- **Russell, Bertrand:** (1872 - 1970) Matemático, filósofo, divulgador y pacifista. En 1916 fue encarcelado y perdió su cátedra por negarse a ingresar en el ejército. En 1962, con 90 años, medió en la crisis de los misiles de Cuba. Ganó del Nobel de literatura en 1950 y fue el ideólogo del Manifiesto Russell-Einstein.

- **Rutherford, Ernest:** (1871 - 1937) Físico y químico británico nacido en Nueva Zelanda. En 1911 realizó un legendario experimento bombardeando una lámina de oro con núcleos de helio, y observando que algunos de los “proyectiles” salían rebotados hacia atrás. Dedujo así que el interior del átomo no era homogéneo sino que estaba prácticamente vacío, y que su carga positiva se concentraba en un núcleo minúsculo.

- **Sagan, Carl:** (1934 - 1996). Astrónomo y divulgador estadounidense. Impulsó el proyecto SETI para la búsqueda de inteligencia extraterrestre y escribió la novela Contact. Se hizo famoso con el documental para televisión Cosmos y obtuvo el premio Pulitzer por su obra de divulgación científica El cerebro de Broca.

- **Salviati:** Personaje del Diálogo concerniente a los dos principales sistema del mundo de Galileo Galilei, encargado de defender la visión copernicana del universo frente al modelo geocéntrico de Ptolomeo.

- **Sartre, Jean-Paul:** (1905 - 1980) Filósofo y escritor francés, exponente del existencialismo. En 1954 renunció al Nobel de literatura.

- **Sauer, Emil von:** (1862 - 1942) Pianista y compositor alemán.

- **Schnabel, Arthur:** (1882 - 1951) Destacado pianista judío-polaco. En 1900 se trasladó a Berlín donde comenzó su carrera como músico profesional y donde permaneció hasta el ascenso al poder del partido nazi en 1933.

- **Schrödinger, Edwin:** (1887 - 1961) Físico austriaco. En 1925 desarrolló la ecuación que lleva su nombre y poco después sentó las bases de la mecánica cuántica junto a Heisenberg y Dirac. Fue galardonado con el

Nobel de Física en 1933. En 1944 publicó ¿Qué es la vida?, libro en el que introdujo el concepto de código genético y en el que James Watson se inspiraría para su búsqueda de la estructura del ADN.

- **Schubert, Franz Peter:** (1797 - 1828) Compositor austriaco, fallecido a los 31 años a causa de la sífilis, un año después de la muerte de Beethoven. Einstein valoraba su "superlativa habilidad para expresar emoción y sus enormes poderes de invención melódica". En 1822 compuso su célebre Sinfonía incompleta.

- **Scully, Dana:** Científica y agente del FBI, coprotagonista de la serie Expediente X, encargada de poner el contrapunto de cordura y racionalidad a las teorías de su crédulo compañero, el agente Mulder.

- **Seaborg, Glenn T.:** (1912 - 1999) Químico estadounidense especializado en el descubrimiento de elementos transuránidos y de nuevos isótopos de elementos conocidos, entre aquellos el plutonio y entre estos el Uranio-235, ambos durante el Proyecto Manhattan. Recibió el Premio Nobel de Química en 1951. Figura en el libro Guinnes por poseer la entrada más extensa del libro Who´s Who in America.

- **Segrè, Emilio:** (1905 - 1989) Físico ítaloamericano, discípulo de Enrico Fermi y ganador de premio Nobel de Física en 1959 por su descubrimiento del antiprotón. En 1937 identificó el Tecnecio, el primer elemento químico artificial. Las leyes antisemitas de Mussolini le llevaron a exiliarse a EEUU.

- **Simplicio:** Personaje creado por Galileo en el Diálogo concerniente a los dos principales sistemas del mundo, encargado de defender la hipótesis geocéntrica de Aristóteles asumida por la Iglesia Católica. De algún modo, el Papa se convenció de que Simplicio era una caricatura de sí mismo y llevó a Galileo ante la Inquisición.

- **Smullyan, Raymond:** (1919-) Lógico y matemático estadounidense autor de numerosos y muy recomendables libros de matemáticas y lógica recreativas.

- **Solomon, Eric W.:** (1935-) Ingeniero informático británico conocido por sus puzles matemáticos y juegos de mesa, la mayoría de clara inspiración científica.

- **Solovine, Maurice:** (1875 - 1948) Gran amigo de Einstein en su etapa de Berna. Ambos fundaron junto a Konrad Habitch la Academia Olimpia, noctámbula reunión en la que se discutía de filosofía, política o ciencia.

- **Solvay, Ernest:** (1838 - 1922) Químico e industrial belga que desarrolló y patentó un proceso de obtención de carbonato sódico que le proporcionó una gran fortuna. Reunió a los más importantes científicos de la época en los congresos que llevaban su nombre.

- **Sommerfeld, Arnold:** (1868 - 1951) Físico alemán que ha pasado a la posteridad por introducir la llamada "constante de estructura fina", y por acaparar infructuosas nominaciones al premio Nobel. Fue uno de los impulsores de la Teoría de la Relatividad Especial en los años en que casi nadie le prestaba atención.

- **Spinoza, Baruch:** (1632 - 1677) Filósofo racionalista holandés de origen judío, vivió con modestia del pulido de lentes. Fue acusado de herejía, entre otras cosas porque rechazaba la visión de un Dios antropomórfico como una simpleza lógica y teológica.

- **Stark, G. Johannes:** (1874 - 1957) Físico alemán, obtuvo el Nobel de Física en 1919 por su descubrimiento del efecto Stark, por el que las líneas del espectro se separan en presencia de un campo eléctrico. Abanderó el movimiento ario contra la física y los físicos judíos, lo que le ganó la antipatía de Einstein.

- **Starling, Ernest:** (1866 - 1927): Fisiólogo británico, en 1905 acuñó el concepto de hormona tres años después de identificar por primera vez una de estas moléculas.

- **Stern, Otto:** (1888 - 1969). Físico experimental alemán, descubrió en 1922 la cuantización del espín. En 1933, como tantos otros colegas, abandonó la Alemania nazi y se refugió en EEUU. Obtuvo el premio Nobel de física en 1943.

- **Stokes, Sir George:** (1819 - 1903) Físico y matemático irlandés de cuyas importantes contribuciones al campo de la dinámica de fluidos da fe la presencia de su nombre en la ley de Stokes, las ecuaciones de Navier-Stokes y la ecuación de Stokes-Einstein.

- **Strassmann, Fritz:** (1902 - 1980) Físico-químico alemán, colaboró con Otto Hahn y Lise Meitner en el descubrimiento de la fisión nuclear del uranio en 1938.

- **Svedberg, Theodor:** (1884 - 1971) Químico sueco cuyas investigaciones experimentales sobre coloides corroboraron la explicación de Einstein para el movimiento browniano.

- **Swift, Jonathan:** (1667 - 1745) Pastor (de almas) y escritor irlandés, autor de Los viajes de Gulliver.

- **Szilard, Leo:** (1898 - 1964) Físico judío de origen húngaro. En 1933 fue probablemente el primero en plantear seriamente la posibilidad de crear una bomba basada en la reacción de fisión en cadena. Tras huir de la Alemania nazi convenció a Einstein para que apoyase la investigación nuclear estadounidense.

- **Talmey, Max:** (1867 - 1941) Ruso, judío y estudiante en la escuela de medicina de Munich a quienes los Einstein invitaban a comer para cumplir con la tradición del sabbath. Durante estos encuentros Albert obtuvo de él unos libros de divulgación que le fascinaron. Años después emigró a EEUU, dedicándose al desarrollo del esperanto y a la difusión de la obra de Einstein.

- **Teller, Edward:** (1908 - 2003): Físico nuclear de origen húngaro. Trabajó en el Proyecto Manhattan y más tarde participó en desarrollo de la bomba H.

- **Teodorico:** Rey godo entre los años 418 a 451.

- **Terradas, Esteve:** (1883 - 1950) Doctor en Matemáticas y Física, ingeniero y uno de los mayores expertos españoles en relatividad. Catedrático en las universidades de Madrid, Barcelona y Zaragoza, participó en la fundación y dirigió la sección de ciencias del Instituto de Estudios Catalanes. Un asteroide descubierto en 1971 lleva su nombre.

- **Tesla, Nikola:** (1856 - 1943) Físico e ingeniero de origen serbio. Emigró a EEUU donde promovió la difusión de la energía eléctrica. Al final de su vida comenzó a manifestar extrañas conductas que acabaron convirtiéndole en el arquetipo de genio loco.

- **Thomson, Sir Joseph John:** (1856 - 1940) Físico inglés. En 1897 descubrió el electrón estudiando los rayos catódicos, lo que le permitió formular un modelo del átomo conocido como el "pudin de pasas". Premio Nobel de Física en 1906, está enterrado en la abadía de Westminster, junto a Newton y otros grades de la ciencia británica.

- **Tiger:** El gato de Einstein en Princeton.

- **Tirpitz, Alfred von:** (1849 - 1930) Almirante de la armada alemana durante la Primera Guerra Mundial y director de un partido político ultraconservador en la época en la que Einstein visitó España.

- **Tirpitz, Ilse von:** Esposa del cónsul de Alemania en Barcelona e hija del Almirante Tirpitz, a la que Einstein cita en el diario de viaje de Einstein en España.

- **Tobler, Theodor:** Creador del chocolate Toblerone, cuyo nombre es una mezcla del apellido familiar y del vocablo italiano torrone (turrón), del que tomó la idea de incorporar almendras y miel a su receta.

- **Tornasol, Profesor:** Genio despistado, responsable de algunos de los líos en los que se ve metido Tintin, el intrépido reportero creado por Hergé.

- **Turing, Alan:** (1812 - 1954) Matemático inglés. Trabajó en la oficina de comunicaciones secretas británica durante la Segunda Guerra Mundial, donde creó "la Bomba de Turing", una máquina capaz de descifrar las comunicaciones alemanas codificadas con la máquina "Enigma". Coincidió con Einstein en Princeton.

- **Van der Waals, Johannes:** (1837 - 1923) Físico holandés. Ganó el premio Nobel de 1910 por su trabajo en la ecuación de estado de líquidos y gases. Llevan su nombre las fuerzas responsables del enlace entre moléculas.

- **Vargas Llosa, Mario:** (1936-) Escritor peruano, autor entre otras obras de Conversación en la catedral y La ciudad y los perros. En 1990 optó a la presidencia de Perú. Posee la nacionalidad española y es miembro de la Real Academia de la Lengua.

- **Vecino, Jerónimo:** (-1929) Catedrático de Física en la Universidad de Zaragoza experto en metrología. Durante el viaje en tren de Barcelona a Madrid convenció a Einstein para que diese unas charlas en Zaragoza.

- **Velázquez, Diego:** (1599 - 1660) Aclamado pintor del barroco español, autor de numerosos retratos en la corte de Felipe IV. Entre ellos destaca Las meninas, obra que su colega Luca Giordano calificó sin asomo de exageración como "la teología de la pintura".

- **Verne, Julio:** (1828 - 1905) Prolífico y visionario novelista francés, conjugó con maestría la ciencia ficción con la novela de viajes, por ejemplo en 20.000 leguas de viaje submarino. Sus protagonistas, casi todos aventureros con principios éticos, no se libran de las contradicciones del progreso.

- **Von Laue, Max:** (1879 - 1960) Físico alemán, discípulo de Max Planck y acérrimo defensor de la Teoría de la Relatividad Especial. Escribió el primer libro de texto sobre la nueva teoría y visitó a su autor en la oficina de patentes de Berna. Obtuvo el Nobel de Física en 1914 por sus estudios sobre la difracción de rayos X en estructuras cristalinas.

- **Von Lenard, Philip:** (1862 - 1947) Físico alemán. Estudiando el efecto fotoeléctrico observó que la energía de los electrones emitidos variaba con la frecuencia de la luz incidente, lo que sería explicado por Einstein en 1905, año en que von Lenard obtenía el Nobel. Fue miembro del Partido Nazi y antisemita militante.

- **Von Weizsäcker, Ernst:** (1882 - 1951) Político y diplomático alemán. Ocupó diversos cargos en el Ministerio de Asuntos Exteriores durante la Segunda Guerra Mundial y fue condenado por crímenes contra la paz en Nuremberg. Padre de Carl (físico mencionado por Einstein en la carta a Roosevelt) y Richard (presidente alemán entre 1984 y 1994).

- **Watson, James:** (1928-) Biólogo estadounidense, en 1962 compartió el Nobel de Medicina con Francis Crick por su descubrimiento de la estructura del ADN.

- **Weber, Heinrich:** (1843 - 1912). Profesor de Einstein en la ETH, quedó tan impresionado con las capacidades del muchacho que a pesar de haber suspendido el examen de acceso le invito a asistir como oyente a sus clases. A partir de este "flechazo" inicial, la relación entre ambos no dejaría de empeorar.

- **Wells, Simon:** (1961-) Cineasta estadounidense. En 2002 firmó La máquina del tiempo, y antes había dirigido filmes de animación como Balto y El príncipe de Egipto.

- **Weizmann, Chaim:** (1874 - 1952) Químico y primer presidente del Estado de Israel. En 1921 coincidió con Einstein en EEUU mientras buscaba fondos la Universidad Hebrea de Jerusalén, logrando involucrarle en el proyecto. A su muerte, en 1952, Einstein rechazó sucederle en la presidencia israelí.

- **Wheeler, John:** (1911-) Físico estadounidense, uno de los últimos colaboradores de Einstein, tras cuya muerte prosiguió con la búsqueda de la teoría de campo unificada. Es también conocido por haber acuñado el término "agujero negro".

- **Wien, Wilhelm:** (1864 - 1928) Físico alemán ganador del premio Nobel en 1911 por sus descubrimientos sobre las leyes que gobiernan la radiación del calor. En 1893 obtuvo la ley empírica que describía el espectro de emisión de un cuerpo negro, posteriormente interpretada por Planck como una consecuencia de la cuantización de la energía

- **Wigner, Eugene:** (1902 - 1995) Físico y matemático húngaro de origen judío, emigrado como tantos otros a EEUU, donde participó en el episodio de la carta a Roosevelt para promover la investigación nuclear. Obtuvo el Nobel de Física en 1963.

- **Wilczek, Frank:** (1951-) Físico estadounidense, premio Nobel en 2004 por sus aportaciones a la teoría de la interacción fuerte que mantiene unidos a los quarks, los componentes más elementales de la materia, al menos por el momento.

- **Wilhelm, Kaiser:** (1859 - 1941) Emperador (Kaiser) de Alemania y Prusia entre 1888 y 1918, año en que abdicó exiliándose en Holanda.

- **Willstätter, Richard:** (1872 - 1932) Químico alemán de origen judío, descubrió la estructura de la clorofila y otros pigmentos vegetales, por lo que recibió el Nobel de Química en 1915. Durante la Primera Guerra Mundial colaboró con Haber en el desarrollo de la máscara antigás.

- **Witelson, Dra. Sandra:** Investigadora de la Universidad McMaster de Ontario y directora del tercer y último estudio sobre el cerebro de Einstein efectuado hasta la fecha, publicado en The Lancet en 1999.

- **Yoda:** Por antonomasia, de la saga Star Wars el maestro Jedi es.

- **Yukawa, Hideki:** (1907 - 1981) Físico teórico japonés. Recibió el Nobel en 1949 por su predicción de la existencia de las partículas denominadas mesones. Fue uno de los once firmantes del manifiesto Russell-Einstein.

- **Zangger, Heinrich:** (1874 - 1957) Profesor de fisiología en la Universidad de Zurich y amigo de Einstein desde la época en que éste ejerció allí como profesor.

- **Zsigmondy, Richard:** (1865 - 1929) Químico austriaco, obtuvo el Nobel en 1925 por su descubrimiento de la naturaleza heterogénea de las soluciones coloidales. Un cráter lunar lleva su nombre.

BIBLIOGRAFÍA

Sobre la Teoría de la Relatividad

- Albert Einstein, Sobre la teoría de la relatividad especial y general, Alianza Ed., 1986
- Teodoro Gómez, Einstein relativamente fácil, Ed. Océano, 2001
- Relatividad, Cosmoeduca, IAC, (http://www.iac.es/cosmoeduca/relatividad/)
- Lewis Carroll Epstein, Relativity visualized, Insight Press, 1981
- Martin Gardner, Relativity Simply Explained, Dover Publications Inc., 1997
- Richard Wolfson, Simply Einstein: Relativity demystified, W. W. Norton 1993

Sobre la vida de Einstein

- Cynthia Phillips y Shana Priwer, Todo sobre Einstein, Ed. Ma non troppo, 2005
- Jeremy Berstein, Einstein: El hombre y su obra, McGraw-Hill, 1992
- José Manuel Sánchez Ron, El siglo de la ciencia, Ed. Taurus, 2000
- Roger Highfield y Paul Carter, Las vidas privadas de Einstein, Espasa Calpe, 1993
- J. Richard Gott, Los viajes en el tiempo y el universo de Einstein, Tusquets, 2003
- Amir D. Aczel, God´s Equation, Four Walls Eight Windows, 1999
- Jeremy Bernstein, Einstein and the Frontiers of Physics, Oxford U. Press, 1996
- Gerald Holton, Einstein, Historia y otras pasiones, Taurus, 1998
- Arthur I. Miller, Einstein, Picasso. Space, Time and the Beauty That Causes Havoc, Basic Books, 2001
- David L. Anderson, Discoveries in Physics B (Project Physics Course), Holt, Rinehart & Winston, Inc., 1973
- Alice Calaprice, The Quotable Einstein, Princeton University Press, 1996
- Physics World: Einstein 2005, Enero 2005
- Einstein: Image and impact Center for History of Physics of the American Institute of Physics for the Institute for Advanced Study, 2004, (http://www.aip.org/history/einstein/)

Sobre la visita de Einstein a España

- VV.AA., Einstein en España, Publicaciones de la Residencia de Estudiantes, 2005
- Thomas F. Glick, Einstein y los españoles, Editorial Alianza, 1986
- Thomas F. Glick, Einstein in Spain: Relativity and the Recovery of Science, Princeton University Press, 1988

MINISTERIO
DE EDUCACIÓN
Y CIENCIA



